DEFENCE R&D DÉFENSE

R et D pour la Défense Canada

Stratégie d'investissement technologique

Pour les deux prochaines décennies

Défense nationale National Defence

Canada

100-06742/

MESSAGE DU CDIR R et D POUR LA DÉFENSE CANADA

Ainsi que nous avons pu le constater au cours des dernières années, les Forces canadiennes (FC) doivent faire face à différents défis, y compris les missions de maintien de la paix, les secours aux sinistrés et les opérations de coalition. Nous dépendons de plus en plus de la haute technologie, qu'il s'agisse de l'instruction dispensée, des outils que nous utilisons et même des renseignements transmis aux commandants durant les missions. Cette dépendance entraîne une augmentation des besoins technologiques, et c'est pourquoi il faut investir dans les technologies de l'avenir.

Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC) a le plaisir de présenter sa Stratégie d'investissement technologique (SIT) pour l'avenir. L'objectif de la stratégie est de garantir que les futures FC demeurent préparées et à jour sur le plan technologique.

Les 21 activités de R et D décrites dans la stratégie ont été conçues de façon à être en accord avec la Stratégie de défense 2020, à titre d'investissements technologiques. Ces activités reflètent la démarche canadienne à l'égard des progrès technologiques requis par suite de la révolution dans les affaires militaires et des initiatives touchant les capacités de défense.

En tant que nouvelle agence, notre premier engagement demeurera, tout comme dans le passé, envers nos clients des FC. Avec le statut d'agence, nous pourrons mettre en place une structure opérationnelle qui allie des pratiques de S et T exemplaires à un programme de R et D avant-gardiste. Nous parviendrons à cette fin tout en conservant d'excellentes relations avec nos collègues de l'industrie, des universités et des autres ministères. Ainsi, nous continuerons d'être des membres réceptifs, innovateurs et efficaces de l'Équipe de la Défense.

John Leggat

Chef de la Direction
R et D pour la Défense Canada

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire 2

Liens avec les activités de R et D 5

Activités de R et D 12

1 Systèmes intelligents autonomes 12
2 Évaluation et détection de la menace chimique, biologique et radiologique 13
3 Systèmes d'information du commandement et contrôle (SICC) 16
4 Communications 19
5 Guerre électro-optique 22
6 Matériaux nouveaux et technologie biomoléculaire 25
7 Facteurs humains et aide à la décision 28
8 Gestion de l'information et de la connaissance 31
9 Technologies de survie dans de multiples environnements 33
10 Guerre des réseaux d'information 36
11 Médecine opérationnelle 38
12 Performance des plates-formes et gestion du cycle de vie (GCV) 41
13 Armes de précision 43
14 Performances psychologiques 46
15 Guerre électronique RF 48
16 Détection (aérienne et terrestre) 51
17 Détection (sous-marine) 55
18 Gestion des signatures 57
19 Simulation et modélisation pour l'acquisition, la répétition et l'instruction (SMART) 60
20 Systèmes spatiaux 63
21 Effets d'armes 66

Tableaux

Tableau 1: thèmes de chaque activité 70
Tableau 2: résultats 74
Tableau 3: possibilitiés technologiques 75
Tableau 4: liens 76
Tableau 5 liste des acronymes 77

SOMMAIRE

La Stratégie d'investissement technologique (SIT) du Programme de R et D pour la Défense Canada (RDDC) est née de la nécessité pour les FC et le MDN de posséder de nouvelles capacités à partir de 2010. La SIT doit permettre d'atteindre les **Résultats** escomptés grâce aux **Possibilités technologiques**; elle fixe une série **d'Activités de R et D** qui permettront d'exploiter ces possibilités technologiques en faisant appel aux **Moyens de réalisation**.

Les résultats qui suivent représentent la projection, faite par RDDC, des nouvelles capacités de défense prioritaires que l'investissement en R et D doit cibler.

- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces.
- Systèmes de captage, à déploiement secret, à couverture étendue et résolution adaptable.
- Identification, poursuite et engagement automatiques, rapides et fiables des cibles furtives.
- Gestion de l'information et des connaissances en vue de faciliter la prise de décision dans un environnement complexe.
- Systèmes secrets robustes, capables de survivre dans l'environnement de combat de 2020.
- Protection du combattant.
- Pouvoir vulnérant adapté à la mission : gamme étendue d'effets potentiels des armes.
- Systèmes adaptables à l'opérateur.
- Mise au point et insertion rapides de la technologie.
- Simulateurs reconfigurables pour la formation des individus et des équipes, la répétition des missions et l'acquisition.

Les possibilités technologiques énumérées dans la liste ci-dessous constituent les disciplines de référence essentielles au développement des activités de R et D dans le futur programme de R et D de la Défense.

- Systèmes intelligents autonomes
- Intégration des systèmes humains
- Gestion des connaissances
- Intelligence artificielle
- Performance et capacité humaines
- Imagerie à haute résolution
- Modélisation et simulation
- Génie logiciel
- Communications et réseaux à large bande
- Capteurs enfouis
- Nanotechnologie et miniaturisation
- Matériaux intelligents
- Matériaux structuraux
- Nouveaux matériaux énergétiques
- Génie biomoléculaire
- Calcul massif
- Technologie des lasers
- Sources d'énergie
- Matériaux et composants micro-électroniques
- Microelectronic Materials & Components

Il importe également d'énoncer un ensemble de **Principes directeurs** en vue de cerner les futures activités de R et D. Ces principes sont les suivants :

- Développer les compétences essentielles
- Exploiter les possibilités technologiques
- Réagir aux « Résultats »
- Se concentrer sur les secteurs de R et D de classe mondiale
- Viser la qualité plutôt que la quantité
- Regarder vers l'avenir
- Rechercher l'adéquation à la défense stratégique
- Éviter la fragmentation : intégrer
- L'ensemble des secteurs de R et D circonscrit les activités de R et D appliquées à la défense

Les auteurs du présent rapport ont étudié successivement chacune des 21 activités. Ils ont commencé par définir l'activité et ont ensuite isolé le contexte dans lequel s'effectuera la recherche. Ce faisant, ils ont déterminé les tendances, les menaces et les possibilités à prendre en ligne de compte. Puis, ils ont tenu compte de l'ensemble du problème examiné en précisant les résultats qui sont d'une importance capitale pour les FC. Enfin, ils ont défini et décrit les sujets de recherche particuliers (ou thèmes).

L'activité de R et D **Guerre des réseaux d'information**, par exemple, regroupe les thèmes suivants :

- Détection et analyse des attaques logicielles menées contre les réseaux d'information
- Protection des réseaux et garantie de l'information
- Exploitation des réseaux d'information

En se basant sur ces principes directeurs, le groupe de travail chargé de l'évaluation technologique a défini les 21 activités de R et D suivantes :

1. Systèmes intelligents autonomes
2. Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique
3. Systèmes d'information du commandement et contrôle
4. Communications
5. Guerre électro-optique
6. Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
7. Facteurs humains et aide à la décision
8. Gestion de l'information et de la connaissance
9. Technologies de survie dans de multiples environnements
10. Guerre des réseaux d'information
11. Médecine opérationnelle
12. Performance des plates-formes et gestion du cycle de vie (GCV)
13. Armes de précision
14. Performance psychologique
15. Guerre électronique RF
16. Détection (aérienne et en surface)
17. Détection (sous-marine)
18. Gestion des signatures
19. Simulation et modélisation pour l'acquisition, la répétition et l'instruction (SMART)
20. Systèmes spatiaux
21. Effets d'armes

L'activité de R et D **Communications** regroupe les thèmes suivants :

- Largeur de bande militaire sur demande
- Assurance de la qualité du service des systèmes de communication militaires
- Gestion intelligente des ressources des réseaux en vue du champ de bataille intégré
- Validation des communications des systèmes répartis

Les auteurs dressent ensuite, pour chaque activité de R et D, une liste des trois résultats les plus importants et une liste des principaux liens entre cette activité et les autres activités de R et D.

Il faut noter que, pour définir et décrire les activités de R et D, il a fallu consulter des scientifiques de RDDC. Ces sont les membres du groupe de travail chargé de l'évaluation technologique qui ont compilé les données pour obtenir le produit final.

Dans la première partie du rapport, on explique succinctement comment l'ensemble des activités de R et D correspond aux résultats à atteindre. La seconde partie contient la description de chaque activité de R et D. Elle est suivie de cinq tableaux qui présentent :

une compilation des thèmes de toutes les activités;

les liens entre les activités et les résultats;

les liens entre les activités et les possibilités technologiques;

les liens entre les activités;

une liste des acronymes.

LIENS AVEC LES ACTIVITÉS DE R et D

Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces

Les opposants aux forces armées appartenant à des pays qui possèdent une machine de guerre perfectionnée utiliseront vraisemblablement de plus en plus de moyens asymétriques tels que la guerre de l'information, la guerre électronique et la guerre chimique ou biologique pour les attaquer ou s'en défendre. Ce sera particulièrement le cas si des pays comme les États-Unis et leurs alliés mettent au point les moyens issus de la Révolution dans les affaires militaires. Les opposants qui ne bénéficient pas de cet avantage tenteront d'utiliser des moyens asymétriques, moins coûteux, pour détruire les systèmes d'information perfectionnés et entraver la grande manœuvrabilité des coalitions alliées. Le programme de R et D pour la défense prévoit, à partir de 2020, l'allocation de ressources considérables dans le secteur des menaces asymétriques et de leurs contre-mesures. Dans le domaine de la guerre chimique et biologique, grâce à la combinaison des données du renseignement, des techniques informatiques avancées ainsi que de la modélisation et de la simulation, on pourra évaluer précisément la menace. En combinant la nanotechnologie et la biotechnologie, on pourra détecter, identifier et diagnostiquer avec précision les agents chimiques et biologiques. Quant aux contre-mesures, elles comprendront la mise au point de matériaux intelligents et réactifs qui assureront une protection supérieure et on se basera sur les connaissances et les techniques les plus récentes de la biotechnologie pour mettre au point des thérapies et des vaccins. Les opposants dont les moyens d'investissement sont réduits pourront mener leurs opérations militaires dans le cyberespace et s'engager dans l'espionnage, causant ainsi de sérieux dommages à l'information militaire et aux systèmes de captage. On se hâtera de mettre au point des techniques et des outils permettant de détecter les intrusions et les attaques (en utilisant la gestion des connaissances, l'intelligence artificielle, le génie logiciel et le calcul massif) et de protéger les réseaux contre cette menace. On prendra les mesures les plus appropriées pour contrer l'utilisation du spectre ÉO (électro-optique) et on prendra des mesures de protection électroniques qui mettront le personnel, les installations et l'équipement à l'abri d'une attaque électronique.

Systèmes de captage à déploiement secret, à couverture étendue et à résolution adaptable

Des capteurs intelligents détecteront et identifieront les multiples menaces dans des situations complexes, en particulier pour contrer la furtivité et les bruits parasites. Les techniques passives et actives de détection seront combinées pour donner de hautes résolutions spatiales, spectrales et temporelles. Les systèmes intelligents autonomes seront exploités au maximum dans le futur espace de combat (par exemple, les microrobots de surveillance et d'identification des cibles). Des engins télépilotés, fonctionnant comme capteurs ou plates-formes d'armes, renseigneront sur la situation des forces, augmenter ont la distance d'engagement effective et réduiront l'exposition des équipages. Des systèmes intelligents autonomes, difficiles à repérer et très maniables pourront capter les données multispectrales de leur environnement et recueillir parallèlement les données d'une scène pour rendre la surveillance plus pointue. La recherche mènera à l'élaboration de méthodes qui permettront aux robots de percevoir leur

environnement et de combiner les données environnementales à celles du système de commandement et contrôle pour planifier les missions et dresser des rapports subséquents, pour obtenir la rétroaction des capteurs et pour contrôler les tâches. Ces observations à distance exigeront la mise au point de charges utiles de haute performance, abordables, à systèmes de capteurs intégrés. On perfectionnera la fusion des capteurs et du repérage de l'objectif embarqués, ainsi que les bases de données d'arrière-plan qui permettront de compléter la scène.

Les possibilités technologiques dans le domaine des capteurs, comprennent les détecteurs optiques à large bande, à rendement quantique élevé, les réseaux plan-focal étendus, les systèmes micro-optiques et les fibres optiques peu coûteuses. On pourra sonder la réponse des objectifs dans les applications diurnes et nocturnes grâce aux recherches effectuées sur l'utilisation de systèmes EO/IR hyperspectraux actifs et passifs. Les radars et les systèmes passifs à ondes millimétriques peuvent fonctionner dans toutes les conditions atmosphériques ou presque. On a de plus en plus besoin de systèmes à faible section équivalente radar et de systèmes de détection des objectifs se démasquant. Par conséquent, on concentrera les efforts sur les systèmes de traitement et la mise au point d'algorithmes. Dans le domaine de la surveillance basée dans l'espace, on mettra au point des technologies de surveillance par radar, par systèmes EO/IR, par sources multiples et par captage à distance. Les applications comprennent l'ISTAR (renseignement, surveillance, choix des objectifs et reconnaissance) à zone de couverture étendue pour soutenir l'analyse automatisée de la mission de détection des objectifs, la cartographie numérique du relief du terrain, sa classification et son identification.

La conduite des futures guerres sous-marines nécessitera des réseaux de capteurs reliés, en particulier les capteurs acoustiques et électromagnétiques. La détection, l'identification, la localisation et la poursuite des objectifs immergés ou des mines demeurent un problème difficile à résoudre, même à l'aide de capteurs discrets, au cours d'opérations en plein océan. Les capteurs ne suffiront pas à résoudre toutes les difficultés actuelles. Il faudra mettre au point des systèmes d'algorithmes et de gestion de l'information qui renseigneront suffisamment rapidement l'opérateur sur la situation tactique de la guerre sous-marine.

Identification, poursuite et engagement automatisés, rapides et fiables des objectifs furtifs

Les objectifs furtifs sont normalement rapides ou mortels. Il faut donc que leur détection, leur reconnaissance, leur identification, les mesures prises et la protection soient suffisamment rapides et dépendent moins de l'intervention de l'opérateur. À l'avenir, cette mission sera confiée à des systèmes assistés ou automatisés de détection, de reconnaissance et de localisation, dont l'intervention sera suivie d'une décision assistée ou automatisée, et finalement du déploiement de systèmes d'armes de précision intelligents.

La détection des objectifs aériens et de surface recouvre plusieurs spécialités dont le radar, l'électro-optique et l'acoustique, qu'il faut relier au moyen d'algorithmes de reconnaissance des objectifs appropriés. Par conséquent, la recherche sera orientée vers la mise au point de nouveaux capteurs puissants pouvant fonctionner par n'importe quel temps, ainsi que vers la création de systèmes autonomes de surveillance à distance qui amélioreront la capacité de détection, de

reconnaissance, d'identification et de poursuite des objectifs. Parallèlement, la surveillance depuis l'espace jouera un rôle de plus en plus important dans ce domaine, particulièrement en ce qui concerne l'alerte lointaine et la défense antimissile balistique, et il faut s'attendre à ce qu'un effort particulier soit fourni dans ce domaine. En ce qui concerne la future guerre sous-marine, la recherche sera axée sur la mise en place de réseaux de capteurs reliés et abordables, sur les technologies de communication et sur la fusion des données qui seront nécessaires à la détection, la reconnaissance, l'identification et la poursuite des objectifs sous-marines furtifs. Quel que soit le capteur employé ou le milieu dans lequel on évoluera, la mise au point de techniques sophistiquées de fusion des données et la création de processus de décision assistée ou automatisée (C3I) auront à l'avenir une importance capitale. Enfin, on effectuera de la recherche sur les armes de précision, en particulier la conduite automatisée de tir et le contrôle automatisé de la trajectoire, qui permettront de suivre le progrès des technologies adaptées à l'engagement des objectifs furtifs.

Gestion de l'information et de la connaissance dans un environnement complexe

L'information et la connaissance militaires diffèrent de leurs analogues civils en ceci qu'elles proviennent de multiples sources et se présentent sous différentes formes, qu'il est essentiel de pouvoir les fusionner et les récupérer rapidement, qu'elles doivent être hautement fiables et qu'elles sont disséminées. Le futur réseau mondial fournira un milieu puissant et souple où il sera possible d'« accéder à l'information, où qu'elle soit et quelle qu'elle soit ». Tous ces facteurs rendront les décisions plus compliquées à prendre, alors que le temps dont on disposera pour les prendre diminuera sans cesse. Pallier ce problème requerra un effort concerté, car il faudra étudier les améliorations à apporter aux possibilités et aux outils d'aide à la décision et les mettre à la disposition des utilisateurs. La présence humaine dans la boucle de décision est difficile à modéliser, car les décisions sont prises dans des situations qui présentent de trop nombreuses incertitudes dans des milieux complexes et dynamiques, c'est-à-dire changeants.

Les nouvelles possibilités technologiques (par exemple, les réseaux neuronaux, l'intelligence artificielle, etc.) et les récentes approches ergonomiques (par exemple, la prise de décision en équipe, la confiance, la confidentialité, etc.) seront exploitées en concertation, de manière à fournir des solutions cohérentes. Il faudra approfondir plusieurs domaines de la recherche si l'on veut parvenir à extraire des données, des évaluations fiables et valides. On mènera des recherches sur l'affichage de l'information enregistrée ou visuelle en deux ou trois dimensions afin que l'utilisateur puisse mieux assimiler, comprendre et interroger les écrans compliqués. Il faudra améliorer la fidélité et la résolution des systèmes d'information du commandement et contrôle (SICC) à tous les niveaux hiérarchiques, ce qui implique, pour l'utilisateur, de disposer en temps voulu de l'information précise en fusionnant les données des capteurs de toutes les sources. On trouvera des aides à la décision dans les cas de critères / objectifs multiples qui faciliteront la prise de décision face à des problèmes nécessitant d'harmoniser des objectifs de mission conflictuels. L'un des principaux domaines où on peut améliorer la performance psychologique est l'étude des outils et des possibilités

qui aident les décideurs à atteindre leurs objectifs en leur permettant de choisir parmi différentes possibilités d'action.

Systèmes secrets, robustes, capables de survivre dans l'environnement de combat de 2020

Dans le passé, pour répondre au besoin de systèmes robustes et surviables, on a surtout construit de l'équipement plus résistant et plus lourd. À l'avenir, on fera appel à des systèmes intelligents autonomes qui auront la capacité de s'adapter au changement de l'environnement, par des algorithmes, des logiciels et du matériel qui commanderont une série de systèmes automatisés et robotisés. La R et D en communications et la technologie, les outils et les techniques qu'elles aura mis au point viendront renforcer cette tendance en fournissant sur demande la largeur de bande efficace. Le remplacement des matériaux classiques par des polymères sur mesure exigera une soigneuse sélection et une formulation précise des matériaux ainsi qu'une redéfinition des paramètres de conception en vue d'exploiter au maximum les propriétés des matériaux les plus robustes et surviables. L'apparition de matériaux « sur mesure » entraînera la mise au point de techniques de modélisation avancées permettant de prévoir les performances mécaniques ou chimiques et même d'estimer la faisabilité de leur formulation. La flotte militaire canadienne est formée d'un nombre limité de plates-formes ou de classes dont la durée de vie escomptée est d'environ 35 ans. Le rythme du changement technologique moderne, dans les systèmes embarqués, ne cadre pas avec de telles durées de vie. La R et D joue un rôle capital dans l'atténuation des effets de l'obsolescence accélérée ou dans l'utilisation des plates-formes bien au-delà de la période qui serait acceptable dans les applications civiles. Le problème de la GCV a comme corollaire la sécurité, car le Canada utilise de plus en plus des flottes *uniques*, comme les sous-marins, que les autres nations n'utilisent pas.

Les efforts fournis dans les domaines de l'acoustique, de l'électromagnétisme et des caractéristiques du sillage des plates-formes marines en vue de découvrir les solutions possibles aux problèmes actuels et futurs des signatures contribueront également à la création de systèmes surviables. L'utilisation de l'EO/IR et du radar pour déterminer les solutions aux problèmes actuels et futurs des plates-formes aériennes, terrestres et marines aboutira à la réduction des signatures et rendra donc les systèmes plus surviables. L'intégration de l'information sur les signatures dans les outils d'évaluation fournira de précieuses indications pour la réduction des signatures. Et la mise au point de matériaux et de techniques adaptatives pour le camouflage ainsi que l'étude des signatures EO/IR multispectrales et hyperspectrales joueront un rôle important dans ce domaine.

Protection du combattant

L'existence d'armes de plus en plus dangereuses et précises rendra le combattant du futur champ de bataille de plus en plus vulnérable. Et la R et D sera également mise à contribution pour assurer une meilleure protection du combattant. Les progrès de la biotechnologie et de la science des matériaux permettront d'obtenir des matériaux intelligents et réactifs qui serviront à fabriquer des vêtements de protection individuelle NBC (nucléaire, biologique et chimique) d'un poids faible ou nul pour le combattant. On mettra au point des contre-mesures aux systèmes de menace EO/IR (électro-optique / infrarouge) et à la guerre

électronique (GE) résultant des progrès réalisés dans les domaines de l'intelligence artificielle, du génie logiciel, de la technologie laser et des techniques de lutte contre la GE et de leurs applications possibles. L'utilisation de techniques de fabrication moléculaire ou de la technologie biomoléculaire dans la synthèse de matériaux militaires promet une amélioration sensible du rendement des armures ou des vêtements de protection adaptative. La maîtrise des technologies de survie augmentera l'efficacité et la sécurité du personnel opérationnel des FC exposé aux risques des milieux opérationnels dangereux (aérien, terrestre et sous-marin). Les travaux de R et D dans le domaine de la gestion et du diagnostic des traumatismes permettront d'avoir des dispositifs, des procédures et des traitements pour sauver des vies, stabiliser des blessures et accélérer la guérison des blessés. On mettra au point des stratégies pour supprimer les causes de stress occasionné par le commandement.

Systèmes adaptés à l'opérateur

La R et D de soutien a pour but de mettre au point des systèmes conviviaux qui offrent à l'opérateur le confort nécessaire, quelles que soient les conditions, sans compromettre sa performance. La R et D fera progresser les modèles de charge de travail, de performance humaine et d'attribution des tâches, ce qui permettra de déterminer dans quelles tâches les individus seront les plus efficaces dans les systèmes futurs, et de prédire la charge de travail et la performance de l'opérateur grâce à la modélisation et à la simulation. On pourra ainsi mettre au point des systèmes humain-machine efficaces. Grâce aux dispositifs d'affichage et d'entrée des données des futurs SICC, les utilisateurs trouveront l'information qui répond le mieux à leurs besoins et à leurs possibilités. Les SICC couvrent toute la gamme des dispositifs, du poste de commandement à l'équipement individuel du soldat (par exemple, le visiocasque). L'exploitation de la technologie commerciale jouera également un rôle important dans l'efficacité de l'interaction opérateur-machine.

La biotechnologie et les matériaux avancés devraient mener à la création de revêtements et de capteurs intégrés. Le défi à relever dans ce domaine consistera à créer des vêtements de protection qui n'entravent pas la liberté de mouvement et assurent l'isolation dans un milieu froid, et la dissipation de la chaleur dans un milieu chaud. On a récemment fabriqué des matériaux intelligents qui s'adaptent au milieu dans lequel ils se trouvent. Mettre au point cette technologie à grande échelle représente un objectif de taille, d'autant plus que cela entraîne la mise au point de capteurs, de systèmes de commande (informatisés) adaptatifs et d'actuateurs (systèmes actifs) intelligents. On peut même envisager des structures intelligentes qui s'adapteraient aux changements de conditions d'utilisation ou de paramètres environnementaux, ce qui améliorerait fortement leurs caractéristiques de rendement.

Pouvoir vulnérant adapté à la mission : gamme étendue d'effets potentiels des armes

Les futures Forces canadiennes pourront être appelées à participer à toutes sortes de missions, au Canada ou à l'étranger, et le plus souvent dans le cadre d'une coalition. Ces opérations pourraient prendre des formes diverses allant des opérations de combat à grande échelle aux opérations connexes comprenant des situations comme la résolution de conflits, le maintien de la paix, le contre-terrorisme et la lutte antidrogue, et des missions pacifiques comme le secours aux sinistrés et

l'assistance humanitaire. Pour pouvoir agir efficacement dans toutes ces situations et y affecter les forces nécessaires, les FC devront posséder des armes adaptées à la mission à accomplir. Ces armes devront donc être de différents ordres de grandeur en matière de pouvoir destructif et de résultats.

Les armes de précision permettent d'atteindre des objectifs (de grande valeur) avec fiabilité et précision, de près ou de loin, dans l'accomplissement d'une mission, tout en réduisant le plus possible les dommages collatéraux. Le progrès technologique continuera de favoriser la conception d'armes à plus longue portée, plus rapides (hypersoniques), plus précises et à puissance destructrice accrue, lancées ou projetées par une grande variété de systèmes et de plates-formes. La recherche sera axée sur les propergols et les systèmes de propulsion à haut rendement, les nouveaux matériaux énergétiques, la conduite de tir et le contrôle de trajectoire automatisés, l'atteinte précise des objectifs et les effets terminaux; on utilisera intensément la modélisation et la simulation pour l'exécution de ces tâches. Toutefois, il est généralement admis que les futurs engagements militaires ne feront pas appel à des armes de précision. On s'efforcera donc également d'améliorer le rendement des « armes non intelligentes » en y incorporant de nouvelles technologies de propulsion / lancement, de stabilité de la trajectoire et d'effets terminaux. Parallèlement, on acquerra de l'expertise dans le domaine des armes à impulsions électromagnétiques et à hautes fréquences et dans les autres armes non létales qui auront une part active dans les futures guerres.

Mise au point et insertion rapides de la technologie

De nombreux systèmes, qui sont actuellement au stade de la R et D, fonctionneront et interagiront dans les milieux complexes du futur espace de combat. Les progrès accomplis dans le secteur civil commercial et dans la R et D à l'échelle internationale mèneront peut-être à des collaborations efficaces qui augmenteront les possibilités d'application des nouvelles technologies. Prenons par exemple la menace biologique, qui peut changer très rapidement de visage. Les progrès réalisés en génie moléculaire et génétique peuvent déboucher sur de nouvelles méthodes de détection, d'identification et de traitement de ces menaces. Autre exemple : les systèmes d'information et de communication qui relèvent d'un autre domaine dans lequel la technologie se développe rapidement. Ces systèmes utilisent du matériel et des logiciels qui équipent les réseaux d'installations informatisées et fournissent le soutien d'urgence nécessaire aux fonctions du commandement et contrôle. Les deux éléments doivent être constamment mis à jour pour que les forces demeurent opérationnelles.
On peut également prévoir que les normes et la technologie civiles actuelles et futures seront appliquées au domaine militaire. On prêtera une attention particulière à la technologie orientée objet (OO) qui peut servir à concevoir et à mettre au point des systèmes destinés à des application militaires. L'utilisation d'une même technologie par des chercheurs différents permet de créer un modèle commun en vue de l'interaction de personnes appartenant à des organisations différentes. Nous en trouvons un exemple dans la mise au point de technologies et d'outils de communication permettant

l'utilisation efficace des systèmes répartis sur le champ de bataille. L'effort de recherche est orienté vers la garantie de la performance des systèmes répartis sur des canaux à largeur de bande limitée, ainsi que vers l'allégement des contraintes qui en résultera pour les futurs systèmes de communication.

La rentabilité sera un des facteurs primordiaux du développement et de l'insertion des futures technologies. Le coût des expériences faites sur des systèmes en vraie grandeur, en particulier les essais en vol, deviennent prohibitifs. Pour réduire le coût de la conception et de l'évaluation des systèmes, on utilisera intensivement la modélisation et les expériences à petite échelle pour la validation. La mise au point, la vérification, la validation et l'accréditation des modèles et des ensembles de données basés sur la physique s'imposeront si l'on veut déterminer et améliorer la précision, l'utilité et la validité prédictive de la simulation et de la modélisation utilisées dans l'intégration humain-système, l'acquisition des systèmes d'armes et l'analyse opérationnelle.

Dans la recherche prévue en Facteurs humains, on exploitera une gamme étendue de ressources technologiques, en particulier l'ingénierie des systèmes, la modélisation et la simulation, les capteurs et les technologies de l'affichage et de la conception.

Simulateurs reconfigurables pour la formation des individus et des équipes, pour la répétition des missions et pour l'acquisition

La modélisation et la simulation fournissent la possibilité d'évaluer les scénarios opérationnels et d'améliorer la performance des systèmes opérationnels. Elles offrent aux utilisateurs l'occasion de « combattre » un système selon différents scénarios et d'élaborer une doctrine, et fournissent à la communauté de soutien technique une rétroaction valable lui permettant de préciser les exigences des systèmes. Ces avantages prennent toute leur importance lorsqu'on utilise la simulation incorporée. Ces méthodes peuvent servir à évaluer la faisabilité technique et l'utilité opérationnelle, l'efficacité de l'interface humain-machine et les procédures d'exploitation de la technologie. La simulation et la modélisation réparties profiteront des possibilités qu'offrent le calcul massif et des progrès réalisés dans les communications et le réseautage à large bande pour réaliser la connexion et l'interaction des modèles et des simulations d'acquisitions, d'instructions et de répétitions. On utilisera la représentation des scénarios opérationnels pour évaluer l'utilité des jeux de guerre et les améliorer.

On exploitera le potentiel technologique dans les domaines du réseautage, de l'intelligence artificielle, de la réalité virtuelle, des facteurs humains et de la visualisation pour créer des simulateurs reconfigurables et réaliser l'interconnectabilité des simulations d'instruction collective, d'instruction commune et d'exercices combinés. Le domaine de la validation, de la vérification et de l'accréditation de l'exactitude, de l'utilité et de la validité prédictive de la simulation et de la modélisation du comportement individuel et organisationnel, de l'intégration humain-machine, de l'acquisition des systèmes d'armes et de l'analyse opérationnelle constituera un domaine clé de la recherche.

ACTIVITÉS DE R ET D

1. Systèmes intelligents autonomes

Définition

Les systèmes intelligents autonomes (SIA) sont des automates ou robots conçus pour évoluer dans les environnements complexes des futurs champs de bataille. Les travaux de R et D sur ces systèmes cherchent à déterminer dans quelle mesure ils peuvent accomplir des tâches compliquées malgré leurs perception et compréhension limitées par un minimum d'intervention humaine.

Tendances, menaces et possibilités

Sur les futurs champs de bataille, on exploitera au maximum les systèmes robotisés (par exemple, les microrobots d'identification des cibles ou de surveillance et les systèmes d'armes robotisés). Ils peuvent augmenter le pouvoir destructif, la mobilité, l'efficacité et la surviabilité des forces sur le champ de bataille tactique et au cours des opérations de maintien de la paix. Leur principal rôle tactique est de repérer rapidement l'espace de combat et sa forme, avant et pendant le déploiement des forces. L'utilisation croissante des systèmes autonomes permettra aussi de réduire l'équipage de la plupart des plates-formes. Les plates-formes robotisées ou télécommandées, telles les engins de combat télépilotés aériens et terrestres, seront probablement intégrées au champ de bataille, en 2020.

Les robots peuvent aider l'homme (automatisation, levage), le remplacer (tâches sales, dangereuses ou ardues) ou le compléter (détection multispectrale, traitement de l'information, comptes-rendus d'exécution des tâches). Fonctionnant comme plates-formes de capteurs ou d'armes, les engins télépilotés peuvent améliorer la connaissance de la situation des forces, étendre la portée effective des engagements et réduire l'exposition des équipages. Les SIA peuvent, grâce à la détection multibande, découvrir leur environnement et accomplir parallèlement la cueillette des données d'une scène, ce qui rend la surveillance plus efficace.

Il faut s'attendre à ce que le développement du secteur commercial civil (systèmes robotisés, technologies informatiques, etc.) et de son analogue de la R et D militaire étrangère mène à des collaborations efficaces. De plus, la forte similitude que présentent les technologies des engins télépilotés aériens, terrestres et sous-marins rend avantageuse la fertilisation inter-disciplinaire des questions technologiques comme l'interfonctionnement et la compatibilité.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

L'activité de R et D sera concentrée sur les domaines ci-après. Le but est de créer, pour intervenir dans différents environnements complexes, un complément aux capacités humaines.

Thèmes

(A) Méthodes de perception de l'environnement par les SIA : mesure, détection, interprétation et classification des possibilités, menaces et défis présents dans l'environnement du robot.

(B) Systèmes intelligents de planification et de contrôle permettant aux SIA d'interagir avec l'environnement : algorithmes, logiciels et matériels définissant la réaction du système automatisé ou robotisé à un changement d'environnement.

(C) **Fusion des SIA dans l'ensemble du système de commandement et contrôle (C2) :** communication entre le système robotisé et le SICC pour améliorer la planification les comptes-rendus de mission, le contrôle des tâches et l'alimentation du renseignement par les capteurs.

Les trois résultats les plus importants

- Systèmes de captage à déploiement secret, à couverture étendue et résolution adaptable
- Systèmes robustes et surviables dans l'environnement de combat de 2020
- Mise au point, évaluation et insertion rapides de la technologie (systèmes appropriés, opportuns et abordables)

Liens

- Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique
- Armes de précision
- Performance psychologique
- Guerre électronique RF
- Guerre électro-optique
- Gestion de l'information et des connaissances
- Guerre des réseaux d'information
- Gestion des signatures
- SMART
- Effets d'armes
- Communications
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- Facteurs humains et aide à la décision
- Technologies de survie dans de multiples environnements
- Systèmes d'information du commandement et contrôle
- Rendement des plates-formes et gestion du cycle de vie
- Détection (aérienne et terrestre)
- Détection (sous-marine)

Note : sont exclues de cette activité les technologies relatives au fonctionnement satisfaisant des plates-formes télépilotées qui sont décrites dans l'activité intitulée Performance des plates-formes et GCV. De même, cette activité de R et D ne tient pas compte du guidage des armes ni de la conduite de tir.

2. Évaluation et détection de la menace chimique, biologique et radiologique

Définition

La défense chimique, biologique et radiologique porte sur la détection, l'identification, la protection et la gestion de cette menace asymétrique en plein essor. La gamme des agents CBR va des traditionnelles armes chimiques et biologiques jusqu'aux menaces nouvelles et émergeantes. La R et D doit trouver les moyens de répliquer aux nouveaux agents neurotoxiques ainsi qu'aux nouveaux agents biologiques et toxines mis au point par génie génétique. Cette recherche doit tenir compte non seulement des menaces émanant de la nature ou du génie moléculaire mais aussi de celles provenant des produits chimiques industriels utilisés comme armes et les menaces radiologiques de type "rayonnement à faible intensité" telles que les réacteurs endommagés, des dispositifs nucléaires improvisés et des armes de dispersion radiologique.

Tendances, menaces et possibilités

Les dangers chimiques, biologiques et radiologiques sont, pour les FC, à la fois la menace asymétrique originale la plus importante et celle qui se développe le plus. La gamme de ses agents prolifère à une vitesse vertigineuse par suite de leur production intensive, de la mise au point de nouveaux agents et de l'évolution de la biotechnologie. Contrairement à toutes les autres menaces auxquelles les FC doivent faire face, dans le cas de la menace CBR, il n'existe aucun programme de recherche qui permette de prévoir l'état de développement des armes offensives et les dangers qu'elles représentent. Afin d'évaluer en temps voulu et avec précision la menace asymétrique et ainsi découvrir les contre-mesures qui protégeront efficacement le combattant, il est indispensable de créer un programme de recherche actif et axé sur les aspects défensifs et ce dans les disciplines fondamentales. Ces nouvelles connaissances nous donneront un point de vue scientifique sur l'influence du progrès sur l'évolution de la menace et permettront parallèlement de développer la détection, l'identification de la menace, son évaluation et les contre-mesures à prendre pour se protéger de manière à réduire au minimum l'exposition à la menace et les effets qu'elle pourrait avoir. Pour parer rapidement à la menace, la gérer et atténuer ses effets, on mettra davantage l'accent sur son diagnostic et son identification.

Les menaces asymétriques CBR fournissent à l'adversaire des avantages politiques et un effet multiplicateur de force considérables. L'impulsion donnée à la mise au point, au déploiement, aux applications de ces menaces et à leur prolifération se poursuivra donc. On trouve constamment de l'information nouvelle sur le développement de nouveaux agents. L'utilisation des matériaux toxiques industriels à des fins militaires constitue une menace croissante et une arme qui est à la portée de n'importe quel adversaire. Les maladies et les toxines mises au point par génie génétique ou génétiquement modifiées n'exigent qu'un effort minimal pour faire un maximum de victimes. Leur prolifération se poursuivra, car elles augmenteront considérablement le moyen de pression que représente, pour les États ou les organisations terroristes, l'utilisation d'agents CBR contre les populations civiles. Cette prolifération représente également une menace asymétrique pour les non-combattants se trouvant hors du théâtre des opérations, les Canadiens qui vivent dans le pays, par exemple.

L'évolution de la biotechnologie et des sciences biologiques de pointe entraînera une réduction considérable du temps de mise au point des agents de menace. Le temps qui s'écoule entre la recherche et

« l'arme » se mesure en mois, sinon en semaines. Il ne faut qu'une très petite quantité d'agents bactériologiques connus pour produire des effets dévastateurs et, en augmentant la virulence ou la résistance à l'environnement d'un simple agent pathogène, on augmente d'autant son efficacité. L'utilisation de ces armes comme menaces asymétriques implique que les services du renseignement éprouveront beaucoup de difficulté à déceler les indices traditionnels de la menace (infrastructure de recherche, essais, production, armement et volonté politique). Des programmes légaux de recherche pourront cacher la recherche, la production et l'acquisition de ces armes aux autres États et ce, que les chercheurs se trouvent dans n'importe quel laboratoire, au pays même ou dans un pays allié. Il en résultera un plus grand risque de surprise et un besoin de préparation et de capacité de DCBR accru et étendu de la part des forces armées.

Plus les interfaces opérateur-machine prennent de l'importance pour les combattants, plus on mettra au point des armes biologiques destinées à combattre les matériaux et les armes mêmes. Parmi les nouvelles menaces de l'avenir, on comptera des agents qui attaquent le caoutchouc, les composites de pointe ou les composants électroniques. Ces stratégies permettront de contourner les traités qui bannissent l'usage d'agents toxiques sur les humains. On sait depuis longtemps que les radiations peuvent endommager les composants électroniques. Ce risque augmente avec l'intensification de l'utilisation de composants électroniques et avec leur miniaturisation. Le progrès des technologies des semiconducteurs a pour corollaire l'augmentation de la menace correspondante.

La recherche biotechnologique qui mène à l'expansion de la menace est celle-là même qui permet de contrer la menace. Le progrès réalisé en génie moléculaire, en génie génétique ou en immunologie peut servir à mettre au point de nouvelles méthodes de détection, d'identification, d'isolation, de destruction, de diagnostic et de traitement des menaces de même nature. Il audra relier étroitement la mise au point des contre-mesures à l'évaluation réaliste de la menace. Tout comme la notion de menace évolue, les progrès réalisés en biotechnologie changeront la notion même d'agent dangereux. Par exemple, le fait qu'il soit possible de modifier les agents de menace pour augmenter leur efficacité transdermique, change radicalement la nature de la protection individuelle. Il ne sera pas possible de prévoir précisément quel agent de menace naîtra de l'expansion de la gamme des menaces, ce qui obligera de mettre l'emphase sur l'identification après le premier usage. Actuellement, si l'on veut connaître l'identité de l'attaquant par la détection radiologique, on doit recourir à l'identification radioisotopique détaillée par spectroscopie et, dans certains cas, à des techniques nucléaires judiciaires. La base de la détection CBR devra s'élargir et celle-ci devra devenir plus précise; quant aux méthodes d'identification, elles devront être plus rapides et plus disséminées. Ces mesures faciliteront la gestion des conséquences et réduiront l'impact néfaste de ces menaces asymétriques sur les opérations et le personnel.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

L'activité de R et D sera concentrée sur les domaines suivants, jugés les plus appropriés aux futures capacités de RDDC.

Thèmes

(A) **Évaluation de la menace et gestion des conséquences :** il faudra modéliser à haute fidélité l'évaluation de la menace pour que les premiers intervenants, les commandants des opérations et les chefs politiques disposent d'une meilleure information sur la situation des forces, de renseignements plus précis et de meilleures aides à la décision. Les technologies utilisées comprendront la modélisation et la simulation, la fusion des données de renseignement, la réalité virtuelle et les techniques informatiques de pointe.

(B) **Détection, identification et diagnostics :** la fusion des nanotechnologies et des biotechnologies dans la conception de nouveaux capteurs; la mise au point des systèmes télépilotés terrestres et d'autres systèmes de détection, à distance de sécurité; ces technologies engendreront de nouvelles facultés et capacités des capteurs.

(C) **Protection individuelle et protection des systèmes :** on mettra l'accent sur la protection des systèmes, y compris l'intégration des technologies et sous-systèmes commerciaux. Il faut s'attendre à ce que la recherche en biotechnologie et en matériaux de pointe débouche sur l'intégration des revêtements et des capteurs. Cette technologie pourrait être appliquée à la découverte de matériaux intelligents et réactifs pour la fabrication d'équipements de protection individuelle à fardeau faible ou nul (l'uniforme de combat agissant comme un ensemble CB) et à la prochaine génération de dispositifs de filtration. Il faudra également assurer la protection des composants électroniques.

Les trois résultats les plus importants

- Protection du combattant
- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces
- Gestion de l'information et de la connaissance en vue de faciliter la prise de décision dans un environnement complexe

Liens

- Effets d'armes
- Technologies de survie dans de multiples environnements
- Systèmes spatiaux
- Médecine opérationnelle
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- SMART
- Gestion de l'information et des connaissances
- Détection (aérienne et terrestre)
- Facteurs humains et aide à la décision
- Systèmes intelligents autonomes

Note : les contre-mesures médicales à la menace CBR sont traitées dans une autre activité.

3. Systèmes d'information du commandement et contrôle (SICC)

Définition

Les SICC peuvent être définis comme les technologies matérielles et logicielles qui offrent des outils intégrés et des facilités (automatisés ou semi-automatisés) de soutien à des réseaux d'installations informatisées. Dans

le contexte militaire, la R et D portant sur ces systèmes devra viser à soutenir les activités de commandement et contrôle telles que la planification, l'exécution et la gestion des opérations offensives et défensives.

Tendances, menaces et possibilités

Les forces armées ont pour tâche la conduite des opérations interarmées et combinées couvrant la gamme entière des différents types de mission. Pour ce faire, elles doivent disposer de milieux de travail à haut rendement, de dispositifs d'entrée/sortie de l'information de pointe, de facilités de communication interopérables, et de mécanismes d'échange de l'informations opérationnelles et du Renseignement entre les éléments d'un système intégré de commandement et contrôle.

Poussée par le développement rapide des technologies de l'informatique, la R et D doit trouver le moyen de construire des SICC utilisables, fiables, robustes et efficaces. De plus, elle doit tenir compte du fait que ces systèmes risquent d'être endommagés ou démolis, que leurs facilités de traitement et de gestion de l'information puissent subir des dommages électroniques et radiologiques, et que le cheminement de l'information entre leurs différentes cellules et les éléments de commandement ou forces associées risque d'être interrompu, dominé ou faussé.

Dans un souci d'exercer sa suprématie sur l'information dans l'espace de combat, les forces intéressées doivent construire des systèmes d'information qui rendent la cueillette, l'accès à , le traitement, l'affichage et la diffusion de donnéees ou de l'information le plus rapide possible. Cette situation facilite l'interopérabilité des différents systèmes en présence, la manipulation des données, de l'information et de la connaissance, et permet la répartition du traitement entre les différents éléments intégrés.

L'évolution rapide des produits et des normes commerciales offre la possibilité d'adopter les normes et d'adapter les produits aux besoins militaires en vue d'améliorer les rendements et de construire des systèmes plus abordables.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

L'activité en R et D sera concentrée sur les domaines décrits ci-après, tout en tentant de tirer profit des progrès de la technologie commerciale / industrielle et de répondre le mieux possible aux besoins militaires du MDN.

Thèmes

(A) Techniques assurant l'interfonctionnement des SICC : Étant donné le nombre croissant de missions au cours desquelles les FC prennent part avec des organismes alliés et civils et où ils doivent recueillent l'information fournie par divers capteurs, il est indispensable que les systèmes d'information de tous les participants impliqués puissent collaborer. L'intefonctionnement de ces systèmes est donc d'une importance capitale. Elle n'est encore que partiellement réalisée et il reste beaucoup à faire pour que l'on dispose de structures de données et d'informations, ainsi que d'applications communes. Comme la technologie de l'information évolue très rapidement, il est essentiel, pour réaliser l'intefonctionnement, de concevoir, d'expérimenter et de valider de nouvelles techniques concernant les intergiciels, les objets d'affaire, et le flux de travail. Les systèmes d'information complètement interconnectables permettront aux commandants d'optimiser l'utilisation de leurs effectifs en interrogeant les systèmes sans avoir à connaître leurs caractéristiques.

(B) Technologies des systèmes intelligents pour le traitement réparti de l'information : Les nœuds de commandement et contrôle des FC sont répartis dans le monde entier. En outre, ils peuvent être très dispersés dans le cas d'opérations où les éléments déployés font partie d'opérations interarmées ou combinées. On prévoit la création de cellules indépendantes qui échangeront de l'information et des connaissances relatives à leurs sphères de responsabilité et d'intérêt par le truchement de canaux de communication appropriés. Dans ces situations, la gestion efficace de l'information sera essentielle à l'accomplissement des tâches. La R et D aura un rôle à jouer dans le domaine des technologies des systèmes intelligents pour que les FC puissent disposer de systèmes répartis fiables.

(C) Application des mesures de mérite à l'exploitation optimale des systèmes d'information : Les avantages que les technologies de l'information offrent aux SICC doivent être déterminés de manière fiable et systématique. Cette opération représente un défi de taille lorsqu'on tient compte des milliers de variables et d'attributs que comporte un système d'information complexe dont les conditions limites ne sont souvent des inconnus. Les avantages des systèmes d'information optimaux sont difficiles à déterminer, à quantifier, à mesurer et à démontrer. Il faudra poursuivre la recherche dans plusieurs domaines si l'on veut arriver à tirer des évaluations dont la fiabilité et la validité sont évidentes. Il est nécessaire d'améliorer la modélisation des SICC en ce qui concerne la fidélité et la résolution, et ce à tous les niveaux hiérarchiques. L'effet de l'intervention humaine dans le système est difficile à modéliser, surtout dans le cas de la prise de décision, car ces décisions relèvent souvent des scénarios, des modèles et des résultats qui présentent de nombreuses incertitudes. Établir la corrélation entre les mesures prélevées et les processus demande une étude approfondie des milieux des SICC. Ces mesures du mérite de chaque processus permettront de comparer ceux-ci et de s'assurer que la solution adoptée est la plus appropriée.

(D) Exploitation de la technologie orientée objets (OO) pour optimiser le développement des logiciels : On peut utiliser la technologie OO

pour la conception et la mise au point d'applications militaires. Elle permet également de créer un modèle commun d'interactions entre différentes organisations. Par conséquent, il est nécessaire de définir des concepts normalisés OO si l'on veut établir une structure commune, garante du succès de la R et D. La technologie OO peut également tirer profit de la tendance à la répartition, c'est-à-dire la conception d'applications basées sur la répartition d'objets. Ces objets peuvent interagir sans être influencés par les caractéristiques et les emplacements individuels dans un réseau. Les travaux de recherche en technologie OO peuvent comprendre les techniques de modélisation, les langages de programmation, l'effet de la répartition et la réutilisation des logiciels.

Les trois résultats les plus importants

- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces
- Gestion de l'information et des connaissances en vue de faciliter la prise de décision dans un environnement complexe
- Mise au point et insertion rapides de la technologie

Liens

- Gestion de l'information et des connaissances
- Systèmes intelligents autonomes
- Guerre électronique RF
- Détection (aérienne et terrestre)
- Détection (sous-marine)
- Systèmes spatiaux
- Performance psychologique
- SMART
- Guerres des réseaux d'information
- Communications
- Facteurs humains

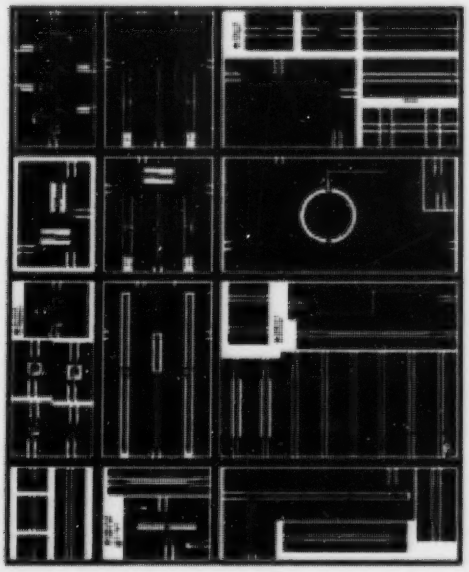
4. Communications

Définition

La R et D en communications porte sur la fiabilité et la simplicité de l'acheminement de l'information entre une source et un ou plusieurs destinataires afin de permettre un commandement et contrôle efficace. La R et D s'intéresse aux technologies et aux techniques qui permettent d'acheminer l'information d'un point à un autre au moyen d'un système d'interconnexion réseau fiable, efficace et sûr. Ces techniques et technologies assurent un échange transparent de l'information et la protègent contre l'exploitation et la modification.

Tendances, menaces et possibilités

La R et D s'occupe de l'exploitation et de l'adaptation de la technologie et des normes civiles actuelles et futures à des fins militaires, ainsi qu'au développement de technologies strictement militaires. Les technologies commerciales qui peuvent s'appliquer au domaine militaire comprennent les protocoles d'interconnexion de réseaux qui utilisent divers moyens de communication. Ces moyens de communication comprennent les réseaux par fil et sans fil, les systèmes répartis, les s ystèmes de communication personnelle (terrestre et par satellite) et les systèmes de communication sans fil à large bande (terrestre et sans fil). La R et D en communications militaires comprend le développement et la mise en place de systèmes de communication par



satellite à haute protection; l'augmentation de capacité de trannsfert des systèmes de communication militaires sans fil dans des bandes de fréquences particulières; la mobilité et la protection des réseaux de communication militaires. La R et D en communications strictement militaires est également orientée vers l'intégration transparente des systèmes anciens et futurs, que ce soit dans une perspective nationale ou de coalitions. Il faut noter que les réseaux de capteurs de tous les environnements utiliseront probablement ces mêmes systèmes.

Les gouvernements, les organisations, les industries et même les individus du monde entier dépendent de plus en plus à des systèmes d'information très perfectionnés pour mener efficacement leurs affaires sans perdre de temps. Les organismes militaires se fient également de plus en plus aux réseaux et à des systèmes de communication de pointe ainsi qu'aux applications multimédias, tout comme les adversaires d'ailleurs, afin d'exploiter leur supériorité dans le domaine de l'information lors des opérations de maintien de la paix ou des conflits de guerre . La sécurité est l'élément clé des exigences relatives aux communications militaires, car il faut combattre la menace croissante qui pèse sur les opérations d'information.

Ces technologies deviennent essentielles au soutien de l'instruction et au moral des troupes.

La tendance marquée au réseautage mondial des communications est le reflet de la demande croissante de la population d'« accéder à l'information, où qu'elle soit et quelle qu'elle soit », parce qu'elle en dépend de plus en plus. Le réseau mondial qui est en train de se tisser fournira aux opérations militaires, aux affaires, à l'instruction, à l'éducation, à la culture et aux loisirs un milieu riche en possibilités.

Le développement spectaculaire de la technologie relative à la largeur de bandedans le monde commercial actuel exerce une pression énorme sur l'évolution des communications militaires terrestres ou par satellite, ainsi que l'évolution du réseautage dans un champ de bataille numérisé. Certains services des réseaux stratégiques doivent être mis à la disposition des intervenants du niveau tactique. De plus, on envisage de nouveaux services de communicationpour les utiliser sur le champ de bataille et pour venir en aide aux opérations de l'autorité civile, d'où l'information sera relayée vers le quartier général.

Étant donné l'évolution rapide des technologies de communication dans le monde commercial, il y a un risque de ne pas reconnaitre à temps la valeur de

certaines de ces technologies clés qui pourraient solutionner les faiblesses importantes des systèmes de communications militaires. De plus, l'incapacité de l'armée à gérer les attentes accrues des utilisateurs militaires, qui souhaitent disposer sur-le-champ de ces technologies commerciales sophistiquées, prometteuses et à large bande, pose un défi sérieux à la R et D dans le domaine des communications militaires.

Vu les possibilités qui s'offrent, la technologie doit évoluer rapidement dans les domaines du traitement des signaux numériques, du réseautage, de la microélectronique etde la modélisation et de la simulation, etc. Certains domaines influencés par le marché commercial qui détermine le rythme d'évolution des normes, de la technologie et des services, offrent d'intéressantes possibilités. Ces possibilités fourniront aux commandants des services de communication robustes, mobiles, sûrs, interopérables et fiables, ainsi que l'information et les renseignements de meilleure qualitédont ils ont besoin pour exercer efficacement leurs fonctions de commandement et contrôle. Les progrès accomplis en technologie (et jusque dans les procédures de communication) offriront aux militaires des communications et un réseautage de plus en plus abordables, sûrs et efficaces.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Compte tenu du niveau élevé des travaux de R et D effectués dans l'industrie, la R et D de RDDC devrait concentrer ses efforts dans les domaines suivants.

Thèmes

(A) Largeur de bande militaire sur demande : la développement de la technologie, d'outils et de techniques permettant l'accès sur demande d'une largeur de bande efficace dans l'espace de bataille de 2020. Cela comprend des techniques qui améliorent la capacité des canaux de communication en exploitant les progrès réalisés dans les technologies du traitement des signaux numériques (logiciel radio), de la microélectronique et des antennes.

Possibilités technologiques : gestion des connaissances; modélisation et simulation; réseaux et communications à large bande; matériaux et composants microélectroniques.

(B) Assurance de la haute qualité de service : le développement et la mise en application de la technologie, des outils et de l'équipement qui garantissent au combattant des communications multimédias robustes, fiables, sûres, statiques ou mobiles. Cela comprend la fourniture de nouveaux services, tels que l'intégration voix-données, la gestion des priorités d'envoi et des mouvements de transmissions, etc., et la modélisation et la simulation, si l'on veut établir des services de haute qualité et satisfaire à la demande.

Possibilités technologiques : gestion des connaissances; modélisation et simulation; réseaux et communications à large bande; matériaux et composants microélectroniques.

(C) Gestion intelligente des ressources réseaux en vue d'un champ de bataille uniformisée : le développement d'outils et de protocoles destinés à la

gestion adaptative des ressources réseaux répartis. Cela comprend de la R et D en surveillance, contrôle et ordonnancement des ressources réseaux, incluant un grand nombre de systèmes intelligents autonomes.

Possibilités technologiques : gestion des connaissances; intelligence artificielle; modélisation et simulation.

(D) Outils pratiques de communication pour les systèmes répartis : le développement des technologies et des outils de communication permettant l'utilisation efficace des systèmes répartis sur le champ de bataille. La recherche sera axée de façon à garantir la performance des systèmes répartis qui utilisent des canaux à largeur de bande limitée, ainsi que sur les contraintes qu'ils imposeront aux futurs systèmes de communication.

Possibilités technologiques : gestion des connaissances; modélisation et simulation; communications et réseaux à large bande; matériaux et composants microélectroniques.

Les trois résultats les plus importants

- Gestion de l'information et des connaissances en vue de faciliter la prise de décision dans un environnement complexe.
- Systèmes de communication robustes, survivables et très mobiles dans un environnement de combat.
- Développement et insertion rapides de la technologie.

Liens

- Guerre des réseaux d'information
- Systèmes intelligents autonomes
- Guerre électronique RF
- SMART
- Détection (sous-marine)
- Détection (aérienne et terrestre)
- Systèmes d'information de commandement et contrôle
- Gestion de l'information et des connaissances
- Facteurs humains et aides à la décision
- Guerre électro-optique
- Armes de précision
- Systèmes spatiaux

5. Guerre électro-optique

Définition

La guerre EO a pour objet d'empêcher l'ennemi d'utiliser le spectre EO (de l'UV à l'IR lointain) tout en protégeant son utilisation par les forces amies, l'objectif global visé étant d'augmenter les capacités d'autodéfense des plates-formes des FC, dans toutes les opérations militaires. Cette guerre implique qu'on utilise les mesures de soutien EO (MSEO) pour chercher, intercepter, identifier, localiser et suivre les sources EO liées à la connaissance de la situation des forces, à la reconnaissance et l'évitement des menaces, à l'autodéfense, à la désignation des objectifs et aux autres utilisations tactiques des forces. Elle implique également les contre-mesures EO qui servent à prévenir ou à réduire l'utilisation du spectre EO par l'ennemi, notamment le brouillage, l'éblouissement, les fusées éclairantes et les écrans de fumée.

Tendances, menaces et possibilités

Les nouvelles armes et les nouveaux systèmes de veille et d'acquisition d'objectifs (VAO) basés sur la technologie EO sont utilisés par les grandes et moyennes puissances sur leurs plates-formes militaires terrestres, navales, aériennes et spatiales. Des groupes terroristes et autres ont mis la main sur certains de ces systèmes, ce qui représente une menace sérieuse pour les FC qui sont impliquées dans un conflit ou mêlées à d'autres opérations. Ces systèmes comprennent les missiles air-air (MAA) à imagerie EO/IR, les systèmes infrarouge et vidéo pour VAO, les armes guidées par laser, les armes à laser, etc. Entre 1973 et 1993, 457 des 513 (89 %) aéronefs portés disparus durant des hostilités ont été abattus par des missiles IR. Les missiles portables, basés sur la technologie de l'alignement sur faisceau laser, sont difficiles à détecter et réputés insensibles aux contre-mesures.

Les possibilités qui s'ouvriront dans ce domaine découleront du développement des ordinateurs et du traitement des signaux numériques à grande vitesse, de l'utilisation de bandes et de gammes dynamiques élargies, de la réduction du temps de réponse et de l'augmentation de la capacité de traitement des systèmes. Il deviendra également possible d'utiliser des algorithmes sophistiqués sur l'intelligence artificielle pour analyser les données, extraire l'information et élaborer des tactiques dans les délais voulus, en réponse à de multiples menaces.

Des capteurs intelligents détecteront et identifieront les menaces dans des situations complexes, même s'il s'agit de menaces furtives ou de bruits parasites. La fusion des techniques de détection passives et actives entraînera une haute résolution spatiale, spectrale et dans le temps. Les possibilités technologiques comprennent les détecteurs optiques à large bande, à haut rendement quantique, les réseaux plan focal élargis, les systèmes micro-optiques et les fibres optiques peu coûteuses.

L'importance de l'effet synergique de l'intégration des systèmes MSEO et CMEO dans d'autres systèmes de capteurs et d'armes augmentera parallèlement à la complexité des menaces. L'intégration des systèmes MSEO dans d'autres capteurs aidera sérieusement à la détection, l'identification et la poursuite des menaces. De même, l'intégration des système CMEO dans des systèmes d'armes et dans d'autres systèmes utilisés dans les missions militaires améliorera de manière substantielle la surviabilité des plates-formes et leur efficacité.

Pour être efficaces, les sources de radiation électro-optique utilisées comme contre-mesures doivent être compatibles avec les menaces. On mettra au point des lasers agiles en fréquences ou accordables, des matériaux, des semi-conducteurs et des cristaux non linéaires qui fonctionneront à des longueurs d'onde plus grandes qui finiront par remplacer les dispositifs pyrotechniques et pyrophoriques.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

La R et D, dans le domaine de la guerre EO, sera axée sur les secteurs importants ci-après, l'objectif global étant d'augmenter les capacités d'autodéfense des plates-formes des FC dans toutes les opérations militaires.

Thèmes

(A) Détection, identification, localisation et poursuite multibande de la menace : mettre au point des systèmes de détection, d'identification, de localisation et de poursuite efficaces contre les menaces furtives, à haute résolution et multispectrales, qui soient abordables et dont la complexité, le poids et la fréquence des fausses alarmes soient acceptables. Pour ce faire, on exploitera les progrès qui auront été réalisés dans les domaines suivants : modélisation et simulation; intelligence artificielle; imagerie à haute résolution; génie logiciel; matériaux et composants électroniques; nanotechnologie et miniaturisation; capteurs intégrés et technologie laser.

(B) Contre-mesures EO/IR directionnelles : mettre au point des contre-mesures intégrées, en temps réel, directionnelles, capables d'anéantir des systèmes EO/IR de menaces multiples diversifiés (VAO vidéo, missiles guidés à balayage ou imagerie IR, guidage par alignement sur faisceau laser, etc.), multispectraux (spectres visible, IR proche, IR moyen, IR lointain) et multimodes (passifs, semi-actifs, passifs), abordables et d'un poids raisonnable. Pour ce faire, on exploitera les progrès qui auront été réalisés en intelligence artificielle, en génie logiciel et en technologie laser.

(C) Systèmes d'autodéfense « prêts-à-l'emploi », à configuration adaptable à la mission : mettre au point des modules de défense en boucle fermée, peu coûteux, à configuration adaptable à la mission, « prêts pour le combat », intégrés de manière transparente dans l'interface opérateur-machine, les armes et les autres équipements de mission. La recherche devra être concentrée sur la mesure et la prédiction de la signature de la menace, le rendement et la prédiction des contre-mesures, les phénomènes de propagation IR et les architectures de systèmes propres aux équipements de mission et aux combinaisons de menaces. Cette intégration exigera que l'on progresse dans les facteurs humains, la gestion de la connaissance, l'intelligence artificielle, la modélisation et la simulation, et le génie logiciel.

Les trois résultats les plus importants

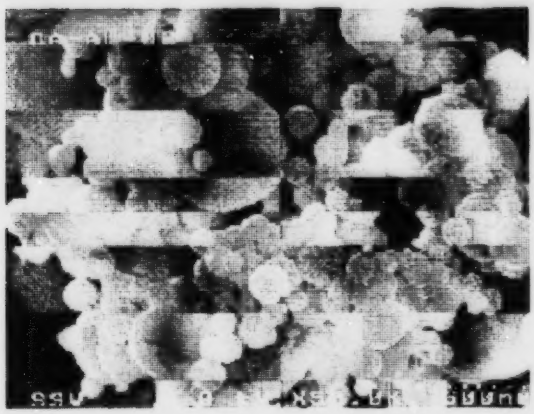
- Protection du combattant
- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces
- Gestion de l'information et des connaissances en vue de faciliter la prise de décision dans un environnement complexe

Liens

- Guerre électronique RF
- Gestion de l'information et des connaissances
- Gestion de la signature
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- Guerre des réseaux d'information
- Facteurs humains et aide à la décision
- Armes de précision

- Effets d'armes
- Communications
- Détection (aérienne et terrestre)
- SMART
- Systèmes spatiaux
- Systèmes d'information du commandement et contrôle

Note : La protection du personnel, des installations et de l'équipement relève de la Gestion des signatures. La protection des capteurs à section optique transversale minimale ainsi que des dispositifs de visée et de télémétrie à faible probabilité d'interception, pour que l'ennemi ne puisse les exploiter, relève des cibles aériennes et terrestres.



6. *Matériaux nouveaux et technologie biomoléculaire*

Définition

Détermination et mise au point de matériaux de pointe ou nouveaux, organiques ou inorganiques, en vue de leur exploitation à des fins militaires. Cette activité ne comprend pas l'exploitation proprement dite des matériaux nouveaux et des technologies biomoléculaires, qui relève plutôt d'autres activités de R et D axées sur les applications[1].

Tendances, menaces et possibilités

On a souvent considéré que les matériaux ne constituaient rien de plus que le tissu des systèmes structuraux, ce qui fait qu'on ne les sélectionnait généralement qu'après coup ou en fonction des contraintes de résistance. Les « transducteurs », comme les projecteurs sonores ou les hydrophones – qui font partie d'un domaine dans lequel la conception a été dominée par les matériaux piézo-électriques depuis le début du vingtième siècle – constituent l'exception à la règle. Au cours de la dernière décennie, de nombreuses initiatives en technologie des matériaux ont encouragé les concepteurs de systèmes à étendre à de plus nombreuses applications la conception basée sur les matériaux.

Les « matériaux fonctionnels[2] », comme les matériaux cristallins piézoélectriques traditionnels et les céramiques, ont considérablement progressé au cours des vingt dernières années. Qui plus est, on a inventé ou formulé de nouveaux matériaux. Par exemple, on compte mettre

1 *Cette activité de R&D aurait comme* modus operandi, *de procéder, tout au plus, à une veille technologique et à des « applications pilotes » sur les matériaux prometteurs, en se servant de maquettes ou, finanlement, de la simulation, avant de transférer ces matériaux dans une autre activité de R&D orientée davantage vers les applications, ou dans plusieurs d'entre elles, en vue de l'exploitation de ces matériaux.*

2 *Les matériaux fonctionnels sont des matériaux qui, en plus de leur résistance aux charges, ont des caractéristiques de performance particulières. Par exemple : les matériaux piézoélectriques, magnétostrictifs et semi-conducteurs. les duex premiers sont classés parmi les matériaux intelligents.*

au point dans un proche avenir des polymères piézoélectriques utilisables, qui supporteront des contraintes supérieures ou double de celles que supportent les matériaux piézoélectriques ordinaires. Avec une telle résistance, leur performance sera analogue à celle du tissu musculaire animal, ce qui révolutionnera véritablement la capacité d'amortissement actif des transducteurs et des actionneurs. Les avantages militaires d'une telle technologie seraient considérables.

On a également réalisé récemment des démonstrations en laboratoire de matériaux « intelligents » qui s'adaptent ou réagissent à leur environnement. L'application à grande échelle de cette technologie représente un important défi, mais elle entraînerait par contre la mise au point de capteurs intelligents de systèmes de commande adaptatifs (ordinateurs) et d'actionneurs (systèmes actifs). On peut même imaginer des structures intelligentes qui s'adapteraient aux changements des conditions d'utilisation ou des paramètres environnementaux et présenteraient donc des caractéristiques de rendement fortement améliorées. L'exemple le plus fréquemment cité est celui de l'aile adaptative d'un aéronef, dont la géométrie varie en fonction des conditions de vol, par comparaison avec les surfaces de contrôle de vol à charnières.

La fabrication moléculaire – caractérisée par la capacité de concevoir des dispositifs qui ont, dans chaque dimension quelques dizaines ou quelques centaines d'atomes et de contrôler parfaitement leur confection, en les assemblant atome par atome – ouvre la voie à des réalisations très prometteuses dans les domaines de l'électronique, des capteurs et des matériaux sur mesure. Les effets de cette technologie sur les applications militaires devraient être considérables : capacité de calcul massif, amortissement structural actif/passif et contrôle de signature des plates-formes militaires, contrôle de l'état des systèmes, vêtements de protection intelligents, capteurs de combat intégrés, détecteurs biologiques, camouflage à nano-couches reconnaissant l'environnement et s'y adaptant.

L'extension, à la synthèse contrôlée des matériaux, des principes de l'autoassemblage biomoléculaire s'est révélée très prometteuse. Cette technologie a créé de nouveaux matériaux et procédés qui offrent un potentiel d'utilisation dans certaines applications militaires. Deux approches ont dominé : la première consiste à copier directement les systèmes biologiques dans le but de produire des matériaux aux propriétés améliorées (soie d'araignée); la seconde consiste à comprendre selon quel processus la nature produit une substance qui possède des propriétés inhabituelles (les coquillages, les os, etc.) et à appliquer ensuite un processus semblable dans un contexte différent ou en utilisant différents matériaux pour accomplir la même tâche. Dans le domaine de la défense, on pourrait appliquer cette technologie à la protection individuelle, au blindage, aux matériaux structuraux et aux actionneurs.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Dans le monde entier, des ressources considérables sont consacrées aux nouveaux matériaux, qu'ils soient métalliques, organiques « classiques » ou biomoléculaires. Le champ d'intérêt du MDN est vaste, mais les ressources dont il dispose limitent ses activités à un mélange de veille technologique et d'exploitation effectuées par le personnel technique et scientifique spécialisé qu'il y affecte. Un modèle américain de « laboratoire de physique de pointe » basé au CRM

pourrait constituer le moteur de cette activité. L'Institut des matériaux industriels du CNRC est un partenaire potentiel, mais il tend à concentrer son activité sur l'exploitation commerciale des polymères plutôt que sur leur simple développement.

Thèmes

(A) Matériaux fonctionnels pour transducteurs, actionneurs et structures intelligentes : la performance des matériaux fonctionnels est une des principales propriétés qui influence le rendement des transducteurs (les projecteurs sonar, par exemple), des actionneurs et des dispositifs de contrôle de signature (les montages actifs des machines, par exemple). L'introduction de matériaux fonctionnels possédant une résistance plus élevée aux contraintes pourrait apporter des avantages beaucoup plus considérables que ceux découlant de l'ingéniosité à modifier la géométrie d'un transducteur, et cela pourrait finalement déboucher sur la mise au point de structures capables d'opposer une réaction optimale aux charges externes.

(B) Remplacement des matériaux conventionnels par des polymères sur mesure : ce genre de substitution demande une sélection et une formulation soigneuses des matériaux et un nouvel examen des paramètres de conception, de manière à ce que les capacités des matériaux soient exploitées au maximum. Les polymères sur mesure exigeront la mise au point de techniques de modélisation avancées permettant de prévoir la performance mécanique et chimique du produit et d'estimer la faisabilité de la formulation.

(C) Synthèse de matériaux militaires par des techniques de fabrication moléculaire, ou par la technologie biomoléculaire : les réalisations, dans ce domaine, annoncent des améliorations notables de la performance, qu'elles se traduisent par une meilleure protection du personnel (armure individuelle ou ensembles de vêtements « adaptatifs », par exemple) ou par l'amélioration des structures, des capteurs, ou des mesures de protection des plates-formes.

Les trois résultats les plus importants

Note : ces résultats ne seront atteints que si d'autres activités (Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique; Performance des plates-formes et GCV; Gestion des signatures) adoptent les produits de cette activité. Les résultats de l'activité Matériaux nouveaux et technologie moléculaire ne trouvent pas d'application directe dans le domaine militaire.

- Systèmes secrets robustes, capables de survivre dans l'environnement de combat de 2020
- Protection du combattant
- Mise au point et insertion rapides de la technologie

Liens

- Gestion des signatures
- Détection (sous-marine)
- Performance des plates-formes et gestion du cycle de vie (GCV)
- Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique
- Détection (aérienne et terrestre)
- Analyse des systèmes intelligents autonomes

- Guerre électro-optique
- Facteurs humains et aide à la décision
- Médecine opérationnelle
- Technologies de survie dans de multiples environnements
- Armes de précision
- Systèmes spatiaux
- Effets d'armes

7. Facteurs humains et aide à la décision

Définition

Le domaine des facteurs humains est un des principaux secteurs de l'intégration des systèmes humains; c'est une branche qui étudie les capacités et les limites humaines et les exprime sous une forme compatible avec les processus de conception et de développement, en définissant et en expliquant en détail les rôles, les fonctions et les tâches que doit remplir l'humain qui utilise les machines ainsi que l'interface humain-machine. La « composante humaine du système » peut être un opérateur, un spécialiste de l'entretien, un utilisateur, un instructeur ou un stagiaire. Les activités de R et D en facteurs humains visent à optimiser la préparation et le rendement des systèmes en rendant les personnes compatibles avec leur équipement, leurs machines et leur milieu de travail de manière à assurer l'efficacité et la sécurité de l'ensemble et de faciliter l'utilisation de l'équipement et des machines. L'étude des moyens et des outils qui peuvent aider les décideurs à agir de manière à atteindre leurs objectifs est un des principaux facteurs d'amélioration de la performance humaine. L'aide à la décision englobe donc tous les moyens technologiques et psychologiques qui facilitent la prise de décision dans un milieu complexe et dynamique.

Tendances, menaces et possibilités

Par suite de la Révolution dans les affaires militaires, on accordera une importance de plus en plus grande au traitement cognitif de l'information à mesure que les capteurs, répartis sur une plus grande échelle physique et temporelle, fourniront de plus en plus d'informations. Le progrès réalisé dans les technologies de l'informatique, de la fusion des données et des capteurs exigeront que l'on pousse la recherche dans les domaines de la perception sensorielle, de la connaissance de la situation des forces, du traitement cognitif de l'information, de la prise de décisions relatives à l'affichage de l'information et de la gestion des connaissances, pour que l'intégration des systèmes humains réussisse.

Par suite de la révolution dans les affaires commerciales et de ses répercussions dans le domaine militaire, la R et D devra se concentrer sur de pointe, pour soutenir les activités de modélisation et de simulation et pour que l'on puisse spécifier, sélectionner, concevoir, mettre au point et utiliser l'équipement et les systèmes nécessaires aux futures opérations militaires. Au niveau « collectif », c'est-à-dire celui des forces armées, la modélisation et la simulation exigeront de la R et D qu'elle établisse une corrélation entre la mesure de la performance et les modèles de comportement des personnes, des groupes et des unités. Les produits comprendront des modèles et des mesures de la performance ainsi que des outils de conception des systèmes humains et d'intégration des équipages à leur poste.

Avec le développement des technologies informatiques, la recherche sur l'interaction humain- machine devra être approfondie, y compris l'interaction humaine facilitée par des aides à la décision et des agents « intelligents ». L'augmentation de l'automation, assortie de la nécessité de réduire le personnel, exigera des travaux de recherche sur les sujets suivants : 1) les fonctions que l'humain doit remplir dans les systèmes complexes à opérateurs multiples; 2) les nouvelles méthodes d'assignation dynamique des fonctions; 3) l'attention humaine; 4) l'affichage de l'information des systèmes et la possibilité de rétroaction; 5) la conception de systèmes tolérant les erreurs; 6) l'intégration des systèmes humains, comme le compromis entre la facilité d'utilisation et le fardeau de l'instruction.

La recherche proposée en facteurs humains exploitera une gamme étendue de possibilités technologiques, en particulier les technologies de l'ingénierie des systèmes, de la modélisation et de la simulation, des capteurs, de l'affichage et de la conception. La connaissance technique résultant de la recherche sera intégrée et appliquée au traitement de l'information humaine, à l'interaction humain-mchine, à l'anthropométrie, à la biomécanique et à la physiologie humaine en vue d'augmenter l'efficacité des systèmes. Les exigences opérationnelles militaires concernant les technologies de l'intégration des systèmes humains sont uniques; la DRDD devra donc diriger l'intégration et l'application des technologies correspondantes. Comme le développement de la technologie de se fera en partie dans le secteur commercial (les systèmes CAO qui comprennent des modèles humains conformes aux données de l'anthropométrie, par exemple), il faudra déterminer si on peut l'utiliser à des fins militaires.

Une des exigences les plus difficiles à laquelle le personnel militaire doit faire face est l'obligation de prendre rapidement des décisions précises et éclairées. Le personnel chargé du futur commandement et contrôle devra composer avec les progrès accomplis dans la technologie de la menace, la cadence accélérée et la plus grande diversité des scénarios en haute mer, sur terre, dans les airs et sur les littoraux, ainsi que le volume de données à traiter (parfois imparfaites) dans des délais critiques. En fait, le nombre accru d'opérations multilatérales en cours, sous les auspices de l'ONU, de l'OTAN et dans le cadre de coalitions, augmente le risque couru par le personnel et les actifs des FC -la menace aérienne et sous-marine, et le danger des mines augmentent. Le personnel a également affaire à un nombre croissant de personnes neutres ou de non-belligérants, à la fois dans les zones de combat et dans les zones de maintien de la paix. En raison de tous ces facteurs, les décisions à prendre deviennent de plus en plus complexes, alors que le temps dont on dispose pour les prendre diminue sans cesse.

Relever ces défis nécessite un effort concerté si l'on veut améliorer les outils et les moyens d'aide à la décision et les mettre à la disposition des opérateurs. Cela doit comprendre : 1) l'information précise et en temps voulu, grâce à la fusion des données des capteurs provenant de toutes les sources; 2) la présentation d es (réseaux neuronaux, intelligence artificielle, etc.) et des récentes approches de ce problème qui ont été étudiées dans l'activité Performance psychologique (prise de décision en équipe, confiance et confidentialité, etc.).

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Thèmes

(A) Modèles de charge de travail de l'opérateur, de performance humaine et d'allocation des fonctions : l'étude de ces paramètres et les progrès réalisés dans ces domaines permettront de déterminer la fonction que l'humain pourra remplir le plus efficacement dans les futurs systèmes et favoriseront la mise au point de modèles et de simulations qui serviront à prévoir la charge de travail et la performance de l'opérateur. Cette recherche contribuera à la création de systèmes humain-machine efficaces, à la réduction des niveaux de dotation, et à la modélisation et la simulation.

(B) Théories et modèles d'interactions homme-machine et de systèmes équipage : la recherche sur l'affichage de l'information audio et vidéo en deux et trois dimensions devrait permettre à l'opérateur de mieux comprendre et assimiler le contenu et d'interroger des affichages complexes. Ces travaux contribueront à la connaissance exacte de la situation des forces, et à la gestion des connaissance;s la recherche produira des théories et des modèles expérimentaux de l'interaction humain-ordinateur auxquels on pourra se fier de préférence aux essais et aux évaluations; la recherche, dans les domaine de la prise de décision et du commandement individuels et en groupe (avec ou sans aide), liée à la recherche en performance et capacité humaines, orientera la mise au point des concepts d'aide à la décision et des systèmes de commandement et contrôle.

(C) Outils de conception en facteurs humains: la recherche visant à lier la simulation des réseaux de tâches aux représentations CAO et à la capacité de produire rapidement des prototypes fournira un ensemble d'outils efficaces pour soutenir l'intégration des systèmes humains. Et la collaboration internationale permettrait à cette recherche de créer des produits de classe mondiale.

(D) Systèmes de présentation de l'information multidimensionnelle relatifs à l'aide à la décision : pour augmenter la capacité de gestion et de visualisation des données dans le cas de l'information multidimensionnelle (géospatiale, par exemple). Cette recherche s'inspirera de e, de l'intégration des systèmes humains et du génie logiciel.

(E) Aides à la décision pour les critères et objectifs multiples : aide à la décision dans les domaines où il est nécessaire d'harmoniser des objectifs de mission conflictuels.

(F) Exploitation de la technologie commerciale en vue de rendre efficace l'interaction opérateur-machine : les unités d'entrée et de visualisation employées pour présenter l'information à l'utilisateur et le laisser interagir avec le système constituent

une des caractéristiques importantes des futurs SICC. Leur gamme s'étend des dispositifs utilisés dans le poste de commandement à l'équipement individuel du soldat (le visiocasque, par exemple). De nouveaux supports, à usage commercial surtout, ont été mis au point, et il faut les étudier pour déterminer s'ils peuvent aider les FC dans l'accomplissement de leurs tâches. La R et D militaire doit étudier l'adaptation de la technologie commerciale des unités d'entrée et de sortie et préciser les critères auxquels ces unités doivent répondre pour servir dans des applications particulières. Cette activité concernera les unités d'entrée, comme la poursuite oculaire, les mécanismes d'entrée tactile et la commande vocale, ainsi que les unités de sortie, comme les grands panneaux solaires plans, les consoles de visualisation portables et les affichages tridimensionnels. L'application des résultats de cette recherche augmentera nettement la productivité des systèmes d'information des FC.

Les trois résultats les plus importants

- Systèmes adaptables à l'opérateur
- Gestion de l'information et des connaissances en vue de faciliter la prise de décision dans un environnement complexe
- Mise au point et insertion rapides de la technologie

Liens

- Systèmes intelligents autonomes
- Performance psychologique
- SMART
- Technologies de survie dans de multiples environnements
- Gestion de l'information et des connaissances
- Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique
- Systèmes d'information du commandement et contrôle
- Communications
- Guerre électro-optique
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- Guerre des réseaux d'information
- Détection (aérienne et terrestre)
- Détection (sous-marine)

8. Gestion de l'information et de la connaissance

Définition

La R et D en gestion de l'information aidera à comprendre les processus d'alignement, de transformation, de filtrage, de tri et d'indexation d'éléments de données en contexte relationnel en vue de recherches subséquentes. Dans la gestion de la connaissance, on s'efforce d'une part de comprendre les relations statiques et dynamiques qui lient des ensembles d'information entre eux, ainsi que les éléments internes de ces ensembles. D'autre part ce domaine vise à faire la synthèse de modèles qui expliquent ces relations. On utilise les connaissances pour la mise en oeuvre d'un plan ou d'actions permettant d'atteindre un objectif ou d'accomplir une mission. Contrairement aux applications civiles comportant surtout des milieux statiques et prévisibles, la gestion d'informations et de connaissances militaires est essentiellement dynamique. Elle s'exerce dans des environnements imprévisibles qui abondent en sources

et formats d'information différents. Cette gestion nécessitent une fusion rapide, un accès fiable , ainsi qu'une diffusion efficace des données.

Tendances, menaces et possibilités

Les progrès de la technologie de l'information, des capteurs, du positionnement de précision et de la géomatique, ouvre la voie à de nombreuses et riches sources d'information qui facilitent la compréhension de l'espace de combat, mais qui risquent aussi de submerger les décideurs. Grâce à la gestion de l'information et des connaissances les décideurs militaires peuvent exercer une suprématie par un commandement et contrôle de qualité supérieure, mais cette situation est fortement compromise si l'information est peu fiable, trompeuse, fausse ou mal diffusée. Le stockage des données pertinentes et leur accès en temps voulu est donc essentiel.

La doctrine de la supériorité de l'information et des connaissances (à la base de l'analyse et de la visualisation dominante de l'espace de combat) fonde la structure des architectures et des opérations de commandement et de contrôle. L'information et les connaissances contenues dans une organisation sont des atouts très puissants qu'il ne faut divulguer qu'aux personnes sélectionnées de l'organisation et qu'il faut protéger à tout prix contre les intrus.

Il faut donc disposer de capacités et d'outils nécessaires pour rapidement recueillir, traiter, interpréter, visualiser et diffuser l'information et les connaissances.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

La R et D en gestion de l'information et des connaissances devra être concentrée sur les domaines suivants :

Thèmes

(A) **Apprentissage automatique :** les processus d'apprentissage comprennent de nombreux domaines de recherche, tels que l'acquisition des connaissances déclaratives, le développement des habiletés motrices et cognitives par l'instruction ou la pratique, l'organisation des nouvelles connaissances par des représentations générales et efficaces, et la découverte de nouveaux faits et théories par l'observation et l'expérimentation. La résolution de ces problèmes libérera les utilisateurs des FC des tâches répétitives et ennuyeuses et leur permettra de consacrer plus de temps à des activités importantes et utiles.

(B) **Modélisation des connaissances :** en exploitant la modélisation des connaissances, on peut améliorer la qualité des décisions et réduire le temps consacré à les prendre. La R et D permettra de comprendre et de modéliser les connaissances humaines, de les classer en catégories rationnelles et intuitives permettant la navigation, le stockage et la recherche par l'utilisateur, d'établir le portrait de l'utilisateur des connaissances, de proposer des mécanismes d'interaction et d'échange, dans différentes langues pour adapter les structures des connaissances aux différents utilisateurs, et de concevoir des stratégies de diffusion proactive des connaissances utiles.

(C) **Fusion des données et de l'information de niveaux supérieurs :** la R et D est axée actuellement sur les domaines de fusion de niveau 0 (affinement des données) et de niveau 1 (affinement des objets). Les deux ou trois prochaines décennies seront consacrées aux domaines de fusion de niveau 2 (affinement des situations),

niveau 3 (affinement de la menace) et niveau 4 (affinement des procédés).

(D) Entrepôts de données multidimensionnelles spatiales et temporelles : la R et D tentera d'exploiter d'immenses entrepôts de données spatiales et temporelles. Elle étudiera les théories qui étayent la construction d'entrepôts ou de marchés de données qui permettent l'assemblage de structures de données, la topologie spatiale et temporelle, la généralisation des données spatiales, la distribution des données spatiales par satellite et par réseau, la représentation spatiale de l'espace de combat, l'intégration des données de types multiples, la production d'information à partir de l'imagerie par satellite, la photogramétrie et la vidéogramétrie aériennes et terrestres.

(E) Dynamique organisationnelle : la R et D s'emploiera à exploiter, développer et adapter les organisations commerciales basées sur la connaissance afin de pouvoir répondre aux préoccupations strictement militaires. Ces préoccupations englobent notamment les problèmes de performance psychologique et les opérations sous tension extrême, le bouleversement provoqué par la guerre, et les opérations en coalition. La Révolution dans les affaires militaires est basée en grande partie sur l'application de la technologie de l'information à des opérations militaires. Mais cette révolution n'est possible que si les structures organisationnelles et le cheminement de l'information sont conçus pour optimiser la fonctionnalité de l'ensemble des éléments (humain et machine) de l'appareil de combat dans un milieu complexe et dynamique.

Les trois résultats les plus importants

- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces
- Gestion de l'information et des connaissances
- Systèmes adaptables à l'opérateur

Liens

- Systèmes d'information du commandement et contrôle
- Performance psychologique
- Guerre des réseaux d'information
- Communications
- Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique
- Guerre électro-optique
- Détection (aérienne et terrestre)
- Détection (sous-marine)
- Facteurs humains et aide à la décision
- Guerre électronique RF
- Gestion des signatures
- Systèmes spatiaux

9. Technologies de survie dans de multiples environnements

Définition

L'application des technologies de survie augmente l'efficacité du personnel opérationnel des FC et sa sécurité lorsqu'il est exposé au stress de milieux opérationnels dangereux (dans l'air et l'espace, sur terre et sous l'eau) et elle réduit le risque de pertes humaines

et financières consécutives aux menaces physiologiques et humaines propres au milieu opérationnel ou au travail. Les milieux opérationnels en cause sont tellement dangereux que toute performance optimale – la survie même – est impossible si le personnel n'est pas protégé par l'équipement dérivé de ces technologies.

Tendances, menaces et possibilités

La diversité des espaces de combat et des degrés de létalité des armes, inhérente au concept de Révolution dans les affaires militaires, implique que les futures FC devront disposer d'une gamme plus étendue de technologies de survie plus sophistiquées qui aideront les effectifs à l'échelle individuelle et collective évoluant dans les milieux opérationnels aériens, spatiaux, terrestres et sous-marins.

Air et espace La prochaine génération d'aéronefs à grande manœuvrabilité (dont certains pourront évoluer à l'altitude de l'espace) imposera des contraintes jusque-là inconnues, d'une part dans le domaine de l'adaptabilité de la physiologie humaine aux états d'accélération (les « G ») et de transition, ainsi qu'à l'altitude, et d'autre part dans le domaine du traitement de l'information (en particulier l'information relative à l'emplacement et à l'orientation). L'élaboration de contre-mesures à ces facteurs d'agression du milieu opérationnel ouvrira des perspectives en matière de performance et de capacité humaines, ainsi qu'en matière d'intégration des systèmes humains. De plus, la modélisation des réactions de la physiologie humaine à ces facteurs d'agression offrira des possibilités dans le domaine de la modélisation et de la simulation ainsi que dans celui des matériaux intelligents.

Sous l'eau L'évolution technologique, qui a permis de remplacer le scaphandre léger autonome à air par des appareils modernes à circuit fermé à mélange de gaz et à oxygène, et de mettre au point des systèmes alimentés en surface, des engins télécommandés et des submersibles, continue de s'étendre à l'équipement de tous les groupes de plongeurs des FC. Les machines remplaçant les plongeurs continueront d'évoluer et elles auront chacune leur place dans l'inventaire opérationnel des FC. Un sujet, les effets du milieu hyperbare et sous-marin sur le plongeur, qui relève du domaine de la performance et de la capacité humaines, exigera une recherche plus poussée sur les facteurs agissant sur la capacité à effectuer des travaux et sur les problèmes de décompression; les résultats des expériences au cours desquelles on a fait accomplir des cycles de travail à des sujets humains fournissent des données de référence sur le « phénomène de l'entraînement ». Cela suggère un nouveau domaine de R et D sur la chimie sanguine et la réponse immunitaire au stress de la plongée; les résultats pourraient complètement changer la connaissance du mal des caissons et les méthodes utilisées pour l'éviter. Grâce à cette recherche, on optimisera la performance de la tâche militaire dans un milieu sous-marin.

Sur terre L'histoire nous apprend que la défaite de plusieurs grandes armées a été due en partie à la rudesse des conditions climatiques et environnementales et il y a tout lieu de croire qu'à l'avenir l'environnement présentera une menace au moins aussi terrible que l'ennemi. Le milieu dans lequel évoluent les véhicules a atteint des extrêmes (chaleur, bruit, fumée, etc.). Dans la gestion des approvisionnements, du cycle de vie et des facteurs humains, on est de plus en plus fréquemment confronté à des

problèmes liés à la toxicité et à ses risques. La science des matériaux subit une sorte de révolution avec la découverte de nouveaux tissus possédant des propriétés uniques qui amélioreront la protection, maximiseront le confort et augmenteront la performance. En fait, le défi consiste à incorporer ces nouveaux matériaux dans des ensembles vestimentaires en mettant en valeur ces propriétés particulières, c'est-à-dire en combinant protection NBC, perméabilité à la vapeur d'eau et étanchéité, isolation et protection balistique, sans pour autant négliger certaines conditions fondamentales (la liberté de mouvement, l'isolation suffisante dans les milieux froid, la bonne dissipation de la chaleur dans les milieux chauds), de manière à produire les meilleurs vêtements de combat possible.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

La première préoccupation des FC est la sécurité du personnel militaire, quel que soit le milieu dans lequel il doit évoluer. La R et D ouvre des perspectives intéressantes dans les domaines suivants:

Thèmes

(A) Technologies de survie : en vue d'améliorer la protection contre les risques inhérents à des tâches opérationnelles particulières telles que la plongée, l'utilisation d'un submersible, le vol dans un aéronef à grande manœuvrabilité ou les opérations en milieu NBC thermiquement éprouvant. Les technologies sont utilisées dans les nouveaux matériaux, et la modélisation et la détection des réponses humaines aux facteurs agressifs des milieux opérationnels.

(B) Risques pour la santé au travail : déterminer, étudier l'origine des risques connus et nouveaux, propres aux milieux militaires et à certains milieux opérationnels, et découvrir les moyens de les éliminer. Ce domaine de recherche comprend les risques à long terme pour la santé et les responsabilités qu'ils engendrent.

(C) Protection « intelligente » automatisée : incorporer la nanotechnologie, la technologie des capteurs et la biotechnologie dans des capteurs biologiques et dans des processeurs de signaux intégrés, qui pourraient être utilisés dans la mise au point de matériaux « intelligents », réactifs, et « sacrificiels » contribuant à l'amélioration des ensembles de protection individuelle et des mesures de contrôle technique destinés à contrer les menaces environnementales et opérationnelles. Les progrès réalisés dans ces domaines et exploités suivant les limitations physiologiques et ergonomiques connues devraient aboutir à une amélioration notable de la conception et de l'intégration des technologies de survie. L'intégration de ces technologies et des réseaux neuronaux peut mener à des systèmes de contrôle « préventif » de la survie et peuvent servir à éloigner l'homme d'un milieu dangereux.

(D) Menaces environnementales, contre-mesures et amélioration des performances : caractériser les éléments environnementaux néfastes et comprendre l'impact qu'ils peuvent avoir sur les performances physiologiques et cognitives. Développer des contre-mesures (aides nutritionnelles et pharmacologiques, entraînement physique, etc.), prévoir les réponses humaines, et mettre au

point des systèmes et des techniques de protection permettant à l'humain de préserver son confort et ses performances dans des conditions défavorables.

Les trois résultats les plus importants

- Protection du combattant
- Systèmes adaptables à l'opérateur
- Mise au point et insertion rapides de la technologie

Liens

- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- Médecine opérationnelle
- Facteurs humains et aide à la décision
- Performance psychologique
- Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique
- Performance des plates-formes et Gestion du cycle de vie (GVC)
- Systèmes intelligents autonomes

10. Guerre des réseaux d'information

Définition

Dans cette activité, la R et D porte sur les mesures défensives et offensives qu'on peut appliquer aux réseaux d'information numérique, aux matériel et logiciels qu'ils contiennent, et aux données qu'ils acheminent. La R et D tire profit de la technologie de l'information pour mettre au point de nouvelles techniques en vue de contrecarrer les activités hostiles aux réseaux, de détecter les intrusions, de récupérer après les attaques, de réagir aux attaques et d'engager l'ennemi dans le cyberespace. Ces techniques ont pour objet de garantir l'accès à l'information et d'assurer l'intégrité et le caractère privé de l'information. Elles peuvent également servir à la cueillette de renseignements. Les attaques peuvent être soit ouvertes, soit camouflées. Elles peuvent se manifester dans les réseaux publics (comme Internet), les réseaux privés (comme ceux utilisés par le MDN), ou les réseaux tactiques utilisés par les FC. Compte tenu de la menace des attaques logicielles de plus en plus sophistiquées menées contre les réseaux d'information utilisés par le MDN et les FC, la R et D doit amorcer un virage qui permette d'assurer la sécurité de ces réseaux et d'optimiser les opérations des FC.

Tendances, menaces et possibilités

On assiste à l'explosion mondiale de l'utilisation d'Internet, réseau qui sert même de structure aux réseaux privés virtuels. Cette technologie trouvera de plus en plus d'applications à mesure que la largeur de bande de transmission de l'information et la connectivité augmenteront. L'évolution rapide de la technologie de l'information stimule l'interconnexion des réseaux. De simple transporteur de messages qu'il était à ses débuts, Internet est devenu un élément important de l'infrastructure nationale. On se sert de plus en plus de cette technologie pour acheminer un volume important d'informations critiques, y compris celles qui concernent le commerce électronique. La sécurité du contenu de l'information et de la connectivité est donc devenue un sujet d'importance primordiale. Le RID et nombre d'autres réseaux militaires privés subissent l'effet de ces mutations de la technologie et ils en bénéficient.
Ces réseaux de données, par leur profusion et leur

complexité, rivalisent dorénavant avec les réseaux téléphoniques traditionnels, et l'évolution technologique stimule parallèlement ces deux moyens de communication. Ce changement socio-technologique est un facteur important de ce que l'on appelle la Révolution dans les affaires militaires (RAM). Une caractéristique de ce changement rapide est la forte dépendance des réseaux militaires envers les systèmes standard disponibles sur le marché, malgré leurs propriétés de sécurité fondamentalement insatisfaisantes.

L'interfonctionnement de cette vaste toile d'information exige des architectures ouvertes, ce qui a pour corollaire une sécurité insuffisante, surtout lorsque les intérêts commerciaux dominent principalement le développement de l'infrastructure. Dans un tel environnement, on n'accorde pas nécessairement à la sécurité des activités militaires la priorité qu'elle mérite, ce qui donne naissance à une culture de la menace entretenue par des individus et des groupes d'individus qui savent comment tirer profit des faiblesses de la sécurité. Par le passé, ces « pirates informatiques » n'étaient généralement pas organisés politiquement, mais plus récemment, des groupes de pirates informatiques se sont constitués et ils se mêlent à des activistes politiques pour créer des groupes de « terroristes du cyberespace ». Étant donné l'importante dépendance du pays et des FC envers les réseaux d'information, ceux-ci sont devenus des cibles de choix pour les groupes qui souhaitent exercer des pressions ou attirer l'attention sur leur cause. De plus, dans le cyberespace, on fait allusion à des opérations militaires internationales qui rassemblent constamment des ressources importantes, et certains peuvent exercer des activités d'espionnage extrêmement dommageables pour l'infrastructure nationale. Ces agents de menace de plus en plus sophistiqués ont la tâche facilitée par la grande diversité d'outils informatiques perfectionnés dont ils peuvent disposer à loisir. Étant donné que la guerre de l'information ne requiert qu'un investissement minime, elle constitue une des menaces asymétriques les plus sérieuses que la Révolution dans les affaires militaires doive neutraliser.

Dans ce milieu en pleine évolution, il est possible d'influencer les spécifications des nouveaux systèmes et, grâce à ses activités de R et D, la DRDD peut également orienter les produits standards disponibles sur le marché avant que les nouveaux systèmes n'atteignent leur maturité. Par ses activités de recherche, la DRDD peut découvrir les possibilités qui s'offrent aux FC d'améliorer la sécurité de leurs opérations sur réseaux et influencer ainsi la doctrine des FC. La DRDD, dont les ressources sont modestes, peut également bénéficier de l'élément moteur qu'est la collaboration avec les autres ministères, l'industrie et les pays alliés.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

La guerre des réseaux d'information risque de devenir un enjeux important si l'on ne planifie pas correctement les mesures à prendre à son égard. La meilleure manière de traiter l'effet des opérations ennemies sur les réseaux militaires est d'agir dans les domaines suivants :

Thèmes

(A) Détection et analyse des attaques logicielles menées contre les réseaux d'information : mise au point d'outils permettant de détecter et de reconnaître les intrusions et les attaques menées contre les réseaux, ainsi que de modéliser et de visualiser l'état des réseaux.

Possibilités technologiques : gestion des connaissances, modélisation et simulation, intégration des systèmes humains, intelligence artificielle, génie logiciel et calcul massif.

(B) Protection des réseaux et garantie de l'information : mise au point de techniques et d'outils destinés à protéger les réseaux d'information des FC et du MDN, et à certifier l'authenticité de l'information (par exemple, des outils assurant la sécurité à plusieurs niveaux et des outils de gestion des réseaux).

Possibilités technologiques : gestion des connaissances, modélisation et simulation, intégration des systèmes humains, intelligence artificielle, génie logiciel et calcul massif.

(C) Exploitation des réseaux d'information : mise au point de techniques permettant de mettre les réseaux au service des opérations des FC (par exemple, les outils de découverte des réseaux, les agents de logiciels intelligents). La compréhension de ces techniques est indispensable si l'on veut mettre au point les mécanismes de défense appropriés.

Possibilités technologiques : gestion des connaissances, modélisation et simulation, intégration des systèmes humains, intelligence artificielle, génie logiciel et calcul massif.

Les trois résultats les plus importants

- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces
- Gestion de l'information et de la connaissance en vue de faciliter la prise de décision dans un environnement complexe
- Protection du combattant

Liens

- Gestion de l'information et des connaissances
- Communications
- SMART
- Guerre électronique RF
- Guerre électro-optique
- Performance psychologique
- Facteurs humains et aide à la décision
- Systèmes d'information du commandement et contrôle
- Gestion des signatures
- Effets d'armes
- Détection (aérienne et terrestre)
- Détection sous-marine)

11. Médecine opérationnelle

Définition

La médecine opérationnelle traite des connaissances, des procédures et du matériel nécessaires à la conservation de la santé physique et psychologique et à la préservation de la capacité opérationnelle du personnel militaire. Dans ce domaine, la R et D est utile non seulement pour la protection des FC sur le champ de bataille, mais aussi du personnel participant à des missions humanitaires et à des missions de maintien de la paix. La médecine opérationnelle commence par les mesures prophylactiques adéquates, telles que les vaccins pour que le personnel évite les blessures et la perte de son efficacité opérationnelle. Elle englobe également les médicaments, le matériel, les dispositifs et les procédures

qui permettent de traiter rapidement et efficacement les traumatismes et les dangers chimiques et biologiques, et de réduire ou d'éliminer leur impact opérationnel. Les aides au diagnostic et au triage sont également nécessaires parce qu'elles facilitent la reprise du service ou le traitement et la stabilisation du blessé sur place, et son transfert dans les installations cliniques situées à l'arrière, pour qu'il reçoive le traitement et le suivi médical adéquats.

Tendances, menaces et possibilité

Les exigences concernant la prévention, le diagnostic et le traitement des blessures reçues au combat doivent être adaptées au nouvel espace de combat et aux effets des futures armes, ainsi qu'aux opérations de contingence auxquelles participera le personnel des FC. La participation conjointe des FC et des forces alliées bien équipées à des actions de coalition, et le désir manifeste de fournir le meilleur soutien médical opérationnel aux FC qui participent à des missions conjointes ou autonomes augmenteront les besoins dans ce domaine à mesure que l'éventail des menaces s'élargira et que la liste des terroristes et autres adversaires s'allongera. Les commandants des opérations reconnaissent de plus en plus l'importance de la protection de la santé des forces, telle qu'envisagée et fournie dans l'activité Médecine opérationnelle. Pouvoir disposer de contre-mesures médicales adéquates aux dangers potentiels chimiques, biologiques (CB) et autres est devenu un élément critique de l'état de préparation des forces et de leur capacité de déploiement. Ces tendances ne feront que s'accentuer.

Au cours des prochaines décennies, le progrès technologique offrira d'énormes possibilités. Il faudra néanmoins l'adapter ou la développer, dans la plupart des cas, si l'on veut que ces technologies soient utiles dans le contexte militaire. Il faut également reconnaître que, si les produits commerciaux ont une certaine valeur, leurs fabricants ne les mettent pas au point pour qu'on les utilise à des fins militaires. Enfin, il faut admettre que, si la plupart des priorités de la médecine opérationnelle ne sont pas ciblées par les secteurs commercial et universitaire, elles ne sont pas non plus des disciplines médicales types. À l'avenir, la DRDD devra donc se trouver en bonne position pour reconnaître les possibilités commerciales, favoriser leur exploitation et se servir des résultats, et elle devra être prête à jouer un rôle de premier plan dans le développement technologique si elle veut s'assurer que les produits dont les FC auront besoin en 2020 et au-delà soient disponibles et qu'elle puisse faire son choix.

Une question importante et propre à la médecine opérationnelle est celle de l'approbation réglementaire des médicaments, des appareils, etc., (la Direction générale de la protection de la santé de Santé Canada réglemente les médicaments et les appareils médicaux) avant leur utilisation dans les opérations. Cette exigence nouvelle et fondamentale influencera la R et D menée par la DRDD et ses partenaires, et elle accentuera la tendance à adapter et adopter des produits, tout en collaborant avec des alliés et des partenaires du secteur commercial pour en réduire les risques et les coûts.

La première partie du 21e siècle sera dominée par le développement et les progrès de la biotechnologie, qui présentera à la fois des possibilités et des risques. Du côté menace, les adversaires pourront utiliser la biotechnologie disponible pour modifier ou masquer des agents de menace. Ceux-ci seront plus infectieux, dommageables, difficiles à détecter, à traiter et à contrer.

De plus, on pourra, pour la première fois et grâce à la biotechnologie, produire des quantités substantielles – sur le plan militaire – de toxines et de biorégulateurs (armes potentiellement non létales). Du côté possibilités, la biotechnologie permettra de découvrir de nouveaux remèdes spécifiques et elle augmentera les chances de mettre au point rapidement des traitements sûrs et efficaces à administrer par vaccination ou non pour prévenir l'infection. Les thérapies seront spécifiquement axées sur l'annulation des effets des maladies ou toxines naturelles et militarisées, ainsi que sur les biomolécules qui accélèrent la récupération ou facilitent le diagnostic. Les développements dans le génie biomédical intégreront aussi les progrès réalisés dans le traitement de l'information, dans la miniaturisation et dans la biotechnologie. Il en ressortira de nouvelles possibilités, comme la surveillance en temps réel des indicateurs d'état de santé, la livraison automatisée du traitement, les appareils de diagnostic et les aides de triage utilisables sur le champ de bataille.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Les progrès technologiques, au cours des prochaines décennies, offriront d'immenses possibilités. Cependant, dans la plupart des cas, il sera nécessaire d'adapter ces technologies ou de mettre au point leur application pour les rendre utiles dans un contexte militaire. Les domaines suivants sont ceux qui offrent le plus fort potentiel à la R et D de RDDC.

Thèmes

(A) Gestion des pertes et diagnostics : appareils, procédures et traitements destinés à préserver l'état de santé (physique et psychologique), à stabiliser les blessures et à accélérer la récupération. Les causes des blessures comprennent les accidents, les armes conventionnelles, les agents de guerre CB, les armes non létales et récentes, et les blessures combinées. Les diagnostics seront servis par des méthodes et des appareils robustes, déployés sur le terrain, qui permettront de reconnaître les indicateurs de traumatismes, de maladies ou d'exposition à des agents de menace toxiques, et qui seront de plus en plus automatisés et reliés aux centres de ressources par la télémédecine. Les technologies utilisées comprennent le génie biomoléculaire, la modélisation et la simulation, les capteurs intégrés au corps humain, la miniaturisation, les matériaux de pointe et les composants microélectroniques.

(B) Toxicologie et pharmacologie : parmi les dangers, on compte les produits chimiques industriels toxiques (exposition due à un événement imprévu, un accident ou une action délibérée), les agents de menace CB et les toxines du spectre moyen. La pharmacologie englobe la connaissance des effets des toxines et des produits chimiques dangereux, ainsi que la mise au point de remèdes spécifiques destinés à prévenir ces effets. Les technologies utilisées portent sur l'application de la chimie par modélisation numérique et l'application de la conception assistée par ordinateur aux modèles de molécules de toxines et d'agents de menace ainsi qu'à l'élaboration de thérapies particulières; celles-ci comprennent l'application de la biotechnologie à la production de nouvelles thérapies.

(C) Prévention et traitement des maladies : ces domaines regroupent les maladies endémiques et les effets des armes bactériologiques. La prévention englobe les procédures et les barrières contre l'infection, les méthodes de vaccination (vaccins

classiques, à vecteur et basés sur l'ADN) et de non vaccination (anticorps ou modificateurs du système immunitaire). Le traitement comprend la prochaine génération d'antibiotiques et d'antiviraux. Des appareils améliorés permettront de livrer les thérapies sur les sites d'infection. La biotechnologie prédominera. On utilisera la modélisation.

Les trois résultats les plus importants

- Protection du combattant
- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces
- Mise au point et insertion rapides de la technologie

Liens

- Effets d'armes
- Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- Technologies de survie dans de multiples environnements
- Performance psychologique
- SMART

12. Performance des plates-formes et gestion du cycle de vie (GCV)

Définition

Les activités relatives à la performance des plates-formes et à la gestion du cycle de vie sont axées sur les technologies visant à l'amélioration de la performance, de la sécurité et de la gestion du cycle de vie des plates-formes militaires. La notion de « performance » implique celle de mobilité dans son sens le plus large, c'est-à-dire qu'elle englobe aussi bien la capacité de déplacement et de manœuvre dans des milieux opérationnels que les exigences et le rendement des systèmes de propulsion. La notion de « sécurité » se limite aux attributs fondamentaux des plates-formes qui ne sont pas autrement reliés aux activités de R et D relatives à la guerre.

Tendances, menaces et possibilités

La flotte militaire canadienne est formée d'un nombre limité de types ou classes de plate-formes dont la durée de vie escomptée est d'environ 35 ans. Le rythme moderne du changement technologique dans les systèmes embarqués ne cadre pas avec de telles durées de vie. La R et D joue un rôle capital dans l'atténuation des effets de l'obsolescence accélérée ou dans l'utilisation des plates-formes bien au-delà de la période qui serait acceptable dans la pratique civile. Mais le problème de la GCV a pour corollaire celui de la sécurité, car le Canada utilise de plus en plus de flottes exclusives à ses forces armées et il ne peut donc pas compter sur d'autres nations pour la gestion de la sécurité opérationnelle de ses sous-marins, par exemple.

La dynamique des fluides joue un rôle très important dans l'étude de la propulsion, des signatures et du comportement dynamique des plates-formes aériennes et navales, et les écoulements fluides constituent la source des principales forces qui s'exercent sur la structure des plates-formes. Il est indispensable de comprendre la mécanique des structures si l'on veut garantir l'intégrité structurale des plates-formes, qu'il s'agisse d'établir les limites opérationnelles des nouvelles plates-formes ou de gérer – aux points de vue économique et sécuritaire – leur utilisation pendant

leur cycle de vie. La science des matériaux a un rôle de soutien important dans l'étude de l'intégrité structurale, de la propulsion des plates-formes et de l'utilisation des systèmes. Étant donné la durée de vie des plates-formes et des systèmes, on doit y intégrer de plus en plus fréquemment de nouveaux matériaux ou innover de plus en plus dans la gestion des matériaux existants. Compte tenu de la durée de service prévue des plates-formes, il est pratiquement impossible d'envisager des innovations portant sur l'ensemble d'une plate-forme.

Pour entraîner les utilisateurs des plates-formes aériennes, navales et terrestres, on se sert abondamment des simulateurs, aussi bien d'unités, très coûteuses, que de casques et de gants de réalité virtuelle, peu coûteux. On se sert de plus en plus de la simulation dans l'entraînement du personnel de maintenance, avant tout par mesure d'économie. Lorsqu'on étendra l'utilisation de la simulation – actuellement appliquée à la maintenance – à la gestion du cycle de vie on aura résolu en partie les problèmes de dotation auxquels feront face les futures forces militaires. Actuellement, la technologie de la simulation existe, en principe, pour fournir le soutien spécialisé nécessaire au personnel d'entretien réduit œuvrant sur le théâtre des opérations, ou aux gestionnaires du cycle de vie. Mais en réalité, on ne dispose pas, dans la plupart des cas, des algorithmes nécessaires à l'obtention de résultats fidèles lors des simulations. La simulation peut paraître adéquate, mais on ne sait pas si le résultat est correct. Les produits de l'activité Performance des plates-formes et GCV devraient dégager le plein potentiel de la GCV.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Les thèmes suivants portent principalement sur les besoins des plates-formes aériennes et navales.

Thèmes

(A) Extension aux configurations d'engins complexes et aux écoulements extrêmes de méthodes de calcul fiables en dynamique des fluides: les sorties graphiques modernes des ordinateurs masquent les lacunes des modèles de dynamique des fluides. Les équations d'écoulement sont pour la plupart non linéaires, et la physique des écoulements turbulents est soit imparfaitement comprise, soit difficile à exprimer analytiquement. Leur application numérique aboutit souvent à des représentations physiques imprécises entraînant des erreurs dans la prédiction des conditions d'écoulement, donnée importante pour les plates-formes militaires.

(B) Analyse structurale appliquée à la gestion du cycle de vie et à l'insertion de matériaux de pointe : la prédiction numérique de la capacité des nouvelles structures construites en matériaux classiques est bien établie, mais les modèles existants sont incapables de traiter l'insertion de matériaux nouveaux. De plus, les méthodes d'analyse structurale doivent être étendues au traitement efficace des structures en service, afin de permettre la future gestion du cycle de vie qui sera basée sur la simulation.

(C) Amélioration de la performance des propulseurs aériens et des cycles de vie : les systèmes de propulsion, leur performance et la gestion de leur

cycle de vie sont aussi préoccupants que les plates-formes elles-mêmes. La force aérienne utilise un certain nombre de systèmes de propulsion uniques devant répondre à certaines exigences de performance (aux points de vue du rendement et de la signature) sans perdre de vue des considérations de GCV qui diffèrent de celles de la flotte civile, dont les stratégies opérationnelles ne sont pas toujours particulièrement économiques lorsqu'elles sont appliquées au domaine militaire. Les régimes opérationnels militaires demandent parfois des solutions uniques qui peuvent requérir de nouvelles techniques, ou de nouveaux matériaux structuraux ou réfractaires.

(D) **Matériaux et gestion des matériaux pour plates-formes, gestion de la sécurité et du cycle de vie des systèmes :** comprend l'interaction avec les CGVM et leur soution dans un rôle de consultant, à la demande.

(E) **Modélisation des limites opérationnelles et de la sécurité pour les plates-formes militaires et les systèmes embarqués :** il est indispensable de connaître la dynamique et la stabilité des plates-formes, ainsi que leur intégrité structurale si l'on veut déterminer leur capacité opérationnelle (par exemple la manœuvrabilité et le larguage des munitions d'un avion de combat, ou l'intégration du système de contrôle de tir des blindés) et leur degré de sécurité (interactions navire-hélicoptère, par exemple) et si l'on veut appuyer sur des bases solides la simulation des systèmes des plates-formes et la prédiction des performances humaines.

Les trois résultats les plus importants

- Systèmes furtifs robustes et résistants dans l'environnement de combat de 2020
- Mise au point et implantation rapides de la technologie
- Simulateurs reconfigurables pour l'entraînement des individus et des équipes, la répétition des missions et l'acquisition

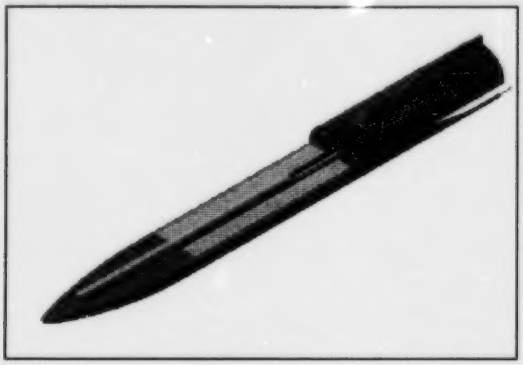
Liens

- Gestion des signatures
- Effets d'armes
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- Matériaux SMART
- Techniques de survie dans de multiples environnements
- Systèmes intelligents autonomes
- Détection (aérienne et terrestre)
- Détection (sous-marine)

13. Armes de précision

Définition

Les armes de précision peuvent atteindre les objectifs (de grande valeur) avec fiabilité et précision, de près ou de loin, ce qui permet d'accomplir une mission en réduisant le plus possible les dommages collatéraux. Dans cette activité, on tente de déterminer dans quelle mesure les armes de précision se prêtent à l'acquisition intelligente et à la gestion du cycle de vie, et si elles permettent d'évaluer la vulnérabilité des FC.



Tendances, menaces et possibilités

Grâce au progrès technologique, on pourra de plus en plus concevoir des armes à longue portée, plus précises et à pouvoir destructif accru, lancées par une grande variété de systèmes et de plates-formes. Plus précisément, grâce à la mise au point de nouvelles technologies de propulsion, les armes auront une plus grande vitesse (régime des vitesses hypersoniques). La propulsion aérobie complétera l'action des propergols solides. Il faut s'attendre à ce que les FC développent et utilisent de plus en plus leur capacité de frappe de précision.

En ce qui concerne la poudre à canon, on remplacera les compositions traditionnelles actuellement utilisées par des compositions à faible sensibilité. Les moteurs à détonation par impulsion et les statoréacteurs à carburant solide sont efficaces et ils conviennent au lancement par canon ou par tube de lancement d'une gamme étendue de calibres. Les travaux ont déjà révélé que la propulsion électromagnétique (EM) et la propulsion électrothermochimique (ETC) permettaient d'atteindre des vitesses très élevées, mais il faut réduire d'au moins un ordre de grandeur la masse et le volume de la source d'énergie pour pouvoir utiliser ces moyens de propulsion sur des systèmes mobiles. De plus, le coût de la mise au point de ces systèmes est élevé. Il est donc peu probable que des systèmes EM et ETC soient mis en service au cours des dix prochaines années, mais il faudra néanmoins entretenir les connaissances qui permettront d'évaluer ces systèmes à mesure que leur applicabilité progressera.

D'ici 2010, pour le combat air-air à courte portée, les aéronefs de combat des FC seront probablement équipés de missiles provenant de l'étranger, à courte portée, à haute performance et propulsés par fusée. Pour les missiles à moyenne portée (c'est-à-dire projetés hors du champ visuel), les systèmes aérobies, comme les statofusées , les statoréacteurs et statoréacteurs à combustion supersonique à propergol liquide, semblent mieux convenir et on les utilisera à cause de leur vitesse intrinsèque plus élevée et de leur plus longue portée.

Il faudra donc comprendre les phénomènes aérodynamiques particuliers liés aux très grandes vitesses. Il faudra étudier les systèmes d'armes à configuration non traditionnelle comme les suiveurs d'ondes, les sections transversales non circulaires, les fuselages porteurs et les formes furtives. La mise au point des phases de lancement, de guidage et de contrôle de cette nouvelle classe d'armes devra suivre le rythme des progrès de l'électronique et des techniques de traitement de l'information. Les capteurs devront être plus petits et plus intégrés pour que les armes ne subissent pas l'influence des différents milieux auxquels elles seront exposées et qu'elles puissent atteindre, la nuit comme le jour, tous les types d'objectifs.

Pour augmenter la précision et la performance des systèmes d'armes, il faudra absolument recourir à la

modélisation et à la simulation. L'efficacité des coûts sera un facteur dominant. Le coût des expériences utilisant des systèmes grandeur nature, en particulier les essais en vol, deviennent prohibitifs. Pour réduire le coût de conception et d'évaluation des systèmes, il sera nécessaire de recourir à la modélisation que l'on combinera avec des expériences à petite échelle pour les opérations de validation.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

La R et D sera concentrée sur les domaines suivants, jugés importants pour les opérations des FC.

Thèmes

(A) Systèmes de propulsion et propergolsà hautes performances : la gamme étendue des futures armes, qu'il s'agisse de missiles ou de projectiles lancés par tube, exigera des propergols plus efficaces et des agents propulsifs plus énergétiques, de même qu'une moindre sensibilité des systèmes aux facteurs externes imprévus. La recherche doit également être concentrée sur les vitesses hypersoniques et la mise au point de systèmes de mise à feu électrothermochimique.

(B) Contrôle du tir et de la trajectoire automatisé : il faudra étudier les configurations d'armes non traditionnelles comme les suiveurs d'ondes, les sections transversales non circulaires, les fuselages porteurs et les formes furtives. Les systèmes hypersoniques et les missiles à courte portée, à manœuvrabilité accrue exigeront des systèmes de contrôle de trajectoire perfectionnés comme le système de contrôle de jet.Les technologies électroniques et optiques seront utilisées pour améliorer l'interface homme/machine.

(C) Précision de la frappe : la précision de la navigation et du guidage résultera de la mise au point de autodirecteursà accrochage de longue portée, de la poursuite précise et sélective de l'objectif, de la sélection intelligente et précise du point visé, de la robustesse de la réjection des contre-mesures et de la précision de l'estimation de la trajectoire de l'objectif.

(D) Évaluation par la simulation de la précision et de l'efficacité des armes : dans ce domaine, la rentabilité sera un facteur dominant. Le coût des expériences utilisant des systèmes en vraie grandeur, en particulier les essais en vol, deviennent prohibitifs. Pour réduire le coût de conception et d'évaluation, il faudra recourir à la modélisation que l'on combinera avec les expériences à petite échelle, pour les opérations de validation.

Les trois résultats les plus importants

- Identification, poursuite et engagement automatiques rapides et fiables des cibles furtives
- Pouvoir vulnérant adapté à la mission : gamme étendue d'effets potentiels des armes
- Mise au point et insertion rapides de la technologie

Liens

- Effets d'armes
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- Détection (aérienne et terrestre)
- Détection (sous-marine)
- Guerre électronique RF
- Guerre électro-optique
- Gestion des signatures
- Systèmes spatiaux

- Communications
- Systèmes intelligents autonomes
- SMART

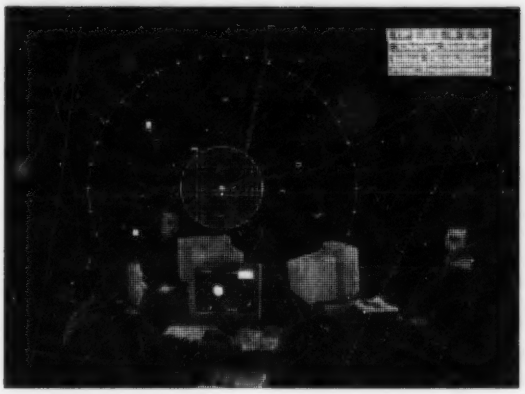
14. Performances psychologiques

Définition

Les performances psychologiques englobent tous les facteurs comportementaux qui influencent la capacité du personnel militaire à bien réagir aux situations cognitivement et émotionnellement éprouvantes. Ces facteurs comprennent la capacité de diriger, le travail en équipe, l'adaptation au stress et la capacité d'observer, de comprendre, de décider, d'agir et de réagir. Cette activité est axée directement sur les facteurs psychologiques et sociopsychologiques qui influent sur les performances humaines.

Tendances, menaces et possibilités

Les FC participent et continueront de participer à des opérations dans le monde entier, où elles sont soumises à diverses conditions environnementales, politiques et morales, qui mettent à l'épreuve la capacité des humains à préserver leur performance cognitive et leur santé émotionnelle, lors de tâches telles que la prise de décision, la gestion du stress, etc comme c'est le cas pour la prise de décision, la gestion du stress, etc. Ces dernières années, le nombre et le type d'opérations menées par les FC a plutôt augmenté, malgré la réduction de l'effectif total des forces. Il s'ensuit qu'un personnel moins nombreux doit participer plus fréquemment à une gamme plus étendue d'opérations, ce qui impose une importante charge de travail aux



-essources de l'humain. Dans toute opération militaire, le facteur clé de la réussite est un personnel qui possède une bonne santé psychologique, qui est motivé et intelligent, et qui croit en sa mission et dispose des ressources nécessaires pour la mener à bien. Cependant, la capacité du personnel des FC de maintenir à un niveau optimal ses performances psychologiques face aux défis qui lui sont imposés peut être compromis si on ne lui fournit pas le soutien dont il a besoin. La récente prise de conscience de l'importance des facteurs psychologiques dans les sociétés industrielles et dans les organismes gouvernementaux, a stimulé la recherche dans de nombreux domaines des sciences sociales et cognitives. Il est possible d'appliquer les résultats de cette recherche au contexte militaire et de mettre au point de nouvelles théories et techniques psychologiques centrées sur les problèmes militaires (leadership, stress, équipes hiérarchiques, etc.).

Parmi les obligations les plus astreignantes que le personnel militaire doit remplir, on trouve l'obligation de prendre rapidement des décisions précises et éclairées dans des conditions exceptionnellement difficiles et stressantes. Le « spectre du conflit » s'élargit et les FC

participent actuellement à des opérations plus complexes, plus délicates sur le plan politique et plus susceptibles d'échec (les petites erreurs sont amplifiées) que celles qu'elles ont connues dans toute leur histoire. Pour préparer les FC à relever ces défis, il faut investir dans la recherche psychologique et sociopsychologique. Il faut développer les capacités naturelles de l'humain à prendre des décisions, en créant et en instaurant des programmes novateurs d'éducation et de formation (pensée latérale, créativité, gestion du stress, etc.). Les nouvelles possibilités technologiques (réseaux neuronaux, intelligence artificielle, etc.) qui naîtront de l'activité Facteurs humains et aide à la décision peuvent également bénéficier de la recherche effectuée dans les domaines de la prise de décision en équipe, de la confiance et l'assurance en vers les conseils fournit par un système ou autrui, etc., étudiés dans le cadre de l'activité de performance psychologique. Il importe toutefois que les deux domaines se développent simultanément si l'on veut trouver des solutions coordonnées aux préoccupations des FC.

Toute cette activité de recherche se fait dans le sens de la ferme résolution prise récemment par les FC de soutenir son bien le plus précieux : le personnel. Les contractions budgétaires et l'expansion du mandat opérationnel obligeront les FC à poursuivre cet engagement bien au-delà du tournant du siècle. Les perspectives d'avenir de la recherche dans ce domaine, ainsi que la possibilité d'améliorer la performance sont manifestes.

Problème examiné / Résultats essentiels pour les FC

Thèmes

(A) Développement des qualités de leardership: étudier et évaluer les possibilités d'améliorer le leadership au sein des FC et contribuer à son amélioration. Dans ce domaine, on fera appel à la technologie de la Performance et Capacités Humaines. L'effort fourni dans ce but doit être coordonné à l'initiative des FC de créer un nouveau centre du leadership.

(B) Résolution des problèmes, raisonnement à partir de données incomplètes et raisonnement sous incertitude : explorer les théories de la résolution des problèmes et de la prise de décision afin de les appliquer à la formation et à la conception des systèmes d'aide à la prise de décision. Mettre au point des méthodes de support au raisonnement sous incertitude et dans les cas où les ressources et le temps disponibles sont des plus limités. Les résultats obtenus dans ce domaine peuvent soutenir directement l'activité de Performance et Capacités Humaines et contribuer notablement aux activités de la Gestion des Connaissances et de L'Intelligence Artificielle. Le thème fera appel au développement de modèles ainsi qu'à la simulation.

(C) Gestion du stress dû au commandement : l'efficacité de la prise de décision et du leadership suppose des commandants stables et émotivement équilibrés. Dans ce thème, on concentrera les études sur les facteurs causant le stress et leurs effets en plus de fournir des suggestions quant aux stratégies de gestion du stress. Les possibilités technologiques incluent la Performance et Capacités Humaines et possiblement le développement de modèles et simulations.

(D) Performance des équipes multiculturelles : les opérations conjointes et et de coalitions sont de plus en plus fréquentes, ce qui entraîne une augmentation importante des problèmes relatifs aux

relations inter-personnelles entre différents groupes militaires. Dans ce thème, on fera appel aux performances sociales et cognitives et à la prédiction des réactions humaines.

Les trois résultats les plus importants

- Gestion de l'information et des connaissances en vue de faciliter la prise de décision dans un environnement complexe
- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces
- Protection (sur le plan psychologique) du combattant

Liens

- Facteurs humains et aide à la décision
- Gestion de l'information et des connaissances
- Guerre des réseaux d'information
- Technologies de survie dans de multiples environnements
- SMART
- Systèmes intelligents autonomes
- Systèmes d'information du commandement et contrôle
- Médecine opérationnelle
- Détection (sous-marine)

15. Guerre électronique RF

Définition

La guerre électronique (GE) se divise normalement en sous-ensembles dans lesquels chacune des forces tente d'établir sa suprématie sur l'utilisation du spectre électromagnétique. Ce sont : 1) les mesures de soutien électronique (MSE) qui englobent les actions de recherche, interception, identification et localisation des sources de rayonnement électromagnétique; 2) les contre-mesures électroniques (CME) qui englobent les actions visant à prévenir et à gêner l'utilisation efficace du spectre électromagnétique par l'ennemi ou à annihiler cette utilisation; 3) les mesures de protection électronique (MPE) qui englobent les mesures prises pour protéger le personnel, les installations et l'équipement, des effets d'une attaque électronique qui entamerait, neutraliserait ou détruirait la capacité de combattre. La R et D, dans le domaine de la guerre électronique, touche typiquenemt à un large spectre électromagnétique qui s'étend de 1 MHz à 100 GHz et elle cible particulièrement, les domaines mentionnés ci-dessus, les systèmes radar et les systèmes de communication.

Tendances, menaces et possibilités

La menace qui pèse sur les systèmes GE RF provient des systèmes radar et des systèmes de communication contre lesquels ils sont dirigés.

Les MSE fournissent une source de renseignements utilisée pour l'évaluation stratégique et d'information en vue de la prise de décision immédiate, comprenant les CME, la GCME, la reconnaissance, la détection et la reconnaissance des menaces, l'alarme et l'évitement, le choix de l'objectif (acquisition de l'objectif et ralliement de l'objectif), le déploiement tactique des forces, et d'autres processus de commandement et contrôle. Elles signalent l'attaque imminente de l'ennemi en décryptant les émissions des autodirecteurs de missiles actifs et celles des plates-formes de lancement et des postes de commandement ennemis. Les signaux radar et les signaux de communication deviennent de

plus en plus complexes, ils s'adaptent aux milieux, et on peut les concevoir de manière à ce qu'ils soient mieux protégés et que les capteurs et les systèmes d'armes aient du mal à les intercepter. La recherche dans le domaine des récepteurs numériques est très prometteuse et annonciatrice d'une amélioration considérable des performances, qui mènera au concept de récepteur MSE multifonctions. Ces récepteurs offrent également la possibilité de mesurer avec précision les paramètres des signaux, rendant plus floue la distinction traditionnelle entre systèmes MSE et systèmes ELINT. La concrétisation de ces possibilités sera facilitée par la mise au point des convertisseurs A/N plus rapides et à plus haute résolution. La technologie du récepteur numérique s'applique également aux MSE des communications et il faut s'attendre à ce qu'elle apporte des solutions à l'interception des signaux à saut de fréquence et de courte durée, ainsi que dans les cas qui nécessitent une haute plage dynamique. Cette situation est également l'occasion d'améliorer l'intégration et la coordination des MSE aux autres systèmes GE et capteurs de plates-formes. Toutes ces questions constituent des domaines de recherche prometteurs et pleins de défis. L'information qui est renvoyée aux systèmes MES concernant la connaissance de la situation offre également une possibilité d'améliorer les performances. Il faudra quantifier les améliorations de la performance. La recherche sur les MSE des communications s'avérera nécessaire si l'on veut, soutenir à la fois le réseau radio de combat traditionnel (RRC) et les systèmes personnels de communication (SPC), qui sont basés sur des technologies de réseau civiles ou qui les utilisent, traiter des signaux basés sur un large éventail de normes et de protocoles de communication évoluant rapidement, et mettre au point des méthodes de localisation des utilisateurs mobiles. Les systèmes globaux par satellite présentent un défi particulier. Les techniques mises au point par la communauté SIGINT sont disponibles, et on entreprendra des recherches en vue d'adapter ces techniques au milieu des communications tactiques.

Les CME comprennent des mesures actives telles que les systèmes de brouillage radioélectrique destinés à aveugler ou à attirer les autodirecteurs de missiles, à engendrer la confusion et à tromper les systèmes de communication, de reconnaissance, de surveillance et de choix de l'objectif. De même, on peut utiliser des armes à énergie dirigée pour rendre ces systèmes inopérants ou les détruire physiquement, ainsi que des mesures passives, telles que les paillettes, pour appâter les autodirecteurs de missiles et les éloigner des plates-formes amies. Les missiles modernes representent une menace puisqu'ils se déplacent à grande vitesse et à basse altitude, possèdent une section équivalente radar réduite, peuvent utiliser un autoguidage actif ou passif,

et peuvent fonctionner dans un milieu dense en signaux. Tout cela nécessitera des temps de réponse plus courts et une meilleure intégration des sous-systèmes de combat des plates-formes. Il faudra élaborer des contre-mesures sophistiquées pour contrer l'action des autodirecteurs de missiles à guidage multimode et des autodirecteurs à imagerie radar, pendant les phases finales de l'engagement. Il faudra concevoir de nouvelles techniques pour contrer les radars de visée et les radars de surveillance, pour interdire l'acquisition et pour empêcher le lancement subséquent d'un missile, ainsi que pour résister aux menaces des autoguideurs actif et passifs. La réponse devra être davantage automatisée, car le temps de réaction sera plus court. La recherche dans les domaines mentionnés ci-dessus devra également être soutenue par la simulation informatique des scénarios d'engagement.

Les MPE améliorent la résistance des systèmes et des plates-formes des FC aux attaques électroniques, grâce à la conception de composants et d'engins à section équivalente radar réduite et en mettant au point des écrans protecteurs contre les armes à énergie dirigée, les micro-ondes et les impulsions électromagnétiques de grande puissance . L'exploitation du potentiel important qu'offre la modélisation électromagnétique des grandes structures et des capacités expérimentales uniques du Canada en électromagnétisme de grande puissance se poursuivra, en réponse à de nombreux besoins des FC concernant la rupture physique des circuits électroniques. La recherche se poursuivra également dans les domaines de la réduction de la signature RF, de la réduction de la vulnérabilité des plates-formes et de l'amélioration de la capacité des contre-mesures, actives et passives, à remplir leurs fonctions. Il faudra mesurer avec précision les SER des plates-formes et des paillettes et améliorer la modélisation de la signature.

Les avantages potentiels de la R et D dans le domaine de la GE RF touchent de nombreux aspects des opérations, de l'instruction et de l'équipement des FC.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Il existe une gamme étendue de domaines de recherche GE spécialisés, dont on retiendra les suivants :

Thèmes

(A) Prévision des nouvelles menaces de GE et réponses à ces menaces : prévoir les nouvelles menaces de GE basées sur les progrès mondiaux des technologies du renseignement, du radar et des communications, ainsi que sur les progrès des technologies dans les domaines connexes. On pourra ainsi établir les priorités de la R et D de manière à mettre au point les techniques de GE qui permettront de détecter ces menaces, de les caractériser et de les contrer. Les menaces susceptibles d'évoluer sont les autodirecteurs imageurs, les émetteurs à faible probabilité d'interception et l'espace de combat électromagnétique qui devient de plus en plus encombré et complexe. Grâce aux capacités croissantes de modélisation et de simulation appliquées aux engagements de la GE, on pourra évaluer la présence de menaces et déterminer les priorités en matière de recherche.

(B) Détection multidimensionnelle de haute fidélité et réponse d'une précision chirurgicale aux menaces GE : mettre au point des systèmes de GE possédant la capacité intégrée de répondre avec une grande précision et une haute résolution à des ensembles étendus de paramètres d'émetteurs multidimensionnels. Dans cette spécialité,

on exploitera la souplesse des techniques numériques en vue de mettre en place des systèmes GE programmables et adaptables. L'amélioration des connaissances et les techniques d'exploitation de ces connaissances permettront de répondre avec une précision chirurgicale aux systèmes de menace repérés, ou de les supprimer, tout en réduisant au minimum les effets néfastes sur les émetteurs non ciblés. On mettra au point des techniques qui permettront l'identification précise des émetteurs (radar et de communications). Et on tirera profit de l'évolution parallèle des techniques relatives aux systèmes MSE et ELINT.

(C) **Interrogation, évaluation et réponse automatique de la situation de GE :** mettre au point des systèmes de GE capables, de manière autonome (automatiquement, ou avec assistance) d'interroger le milieu de menace, de s'adapter aux situations prioritaires, d'évaluer les menaces et de déterminer des mécanismes de réponse éclairés. On atteindra ces résultats en intégrant à divers degrés la connaissance à priori, la gestion d'entrées à capteurs multiples (capteurs GE et autres), le déploiement d'engins autonomes spécialisés et la surveillance optimale des opérateurs. L'atteinte de ces objectifs sera facilitée par les progrès accomplis en puissance de traitement, développement de logiciel, et modélisation et simulation, domaines dans lesquels on prévoit une forte croissance, ce qui permettra de déterminer les architectures et stratégies optimales.

Les trois résultats les plus importants

- Protection du combattant
- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces
- Gestion de l'information et des connaissances en vue de faciliter la prise de décision dans un environnement complexe

Liens

- Détection (aérienne et terrestre)
- Guerre électro-optique
- Gestion des signatures
- Guerre des réseaux d'information
- Systèmes d'information du commandement et contrôle
- Communications
- Systèmes intelligents autonomes
- Gestion de l'information et de la connaissance
- Effets d'armes
- Armes de précision
- Systèmes spatiaux
- SMART

Note : la R et D relative aux contre-mesures électroniques (CME) fait normalement partie de le R et D sur les capteurs ou les communications; ce elle n'est pas incluse dans cette activité.

16. Détection (aérienne et terrestre)

Définition

Par la détection, les FC repèrent, reconnaissent, situent et surveillent tous les objectifs présentant un intérêt (y compris les actifs amis) dans une zone donnée. Cette activité fait appel à différents domaines technologiques, dont ceux des radars, de l'électro-optique

et de l'acoustique. Pour être utilisées à des fins militaires, les données recueillies par les capteurs doivent être transformées en informations sur l'identité et l'état de la cible (ses coordonnées, sa vitesse, son accélération, etc.). Dans le futur, cette mission sera accomplie par la détection, la reconnaissance et la localisation géographique, automatiques ou assistées de l'objectif. En principe, la R et D doit tenir compte de tous les aspects de la détection et son effort doit porter sur la capacité d'améliorer l'efficacité des algorithmes appropriés de reconnaissance automatique des cibles. Les données provenant des différents faisceaux de capteurs peuvent être fusionnées, selon les besoins, pour accroître la détectabilité des différentes cibles.

Tendances, menaces et possibilités

Le développement spectaculaire de la technologie de l'état solide en vue d'en tirer des applications civiles et militaires a engendré une forte diminution de la dimension des systèmes de capteurs et des systèmes de traitement qui leur sont associés, tout en diminuant leur coût et en améliorant leur fonctionnalité. Par le passé, on traitait séparément les capteurs et les algorithmes d'identification ou de reconnaissance des cibles. À l'avenir, on procédera à leur intégration transparente dans des systèmes de capteurs intelligents de manière à transformer directement les données des capteurs en informations.

Dans le nouveau type de guerre auquel feront face les forces à l'avenir et que l'on étudie dans le cadre de la Révolution dans les affaires militaires (RAM), la détection efficace, sera de plus en plus importante et les moyens d'y arriver de plus en plus abordables. À mesure que la menace proviendra de groupes de plus en plus petits et que la réponse devra être de plus en plus précise (frappe de précision), il deviendra primordial de disposer d'une information précise et fournie en temps voulu. Les groupes seront eux-mêmes mieux équipés, car les différentes technologies seront répandues et abordables. La réponse fournie devra être efficace et équilibrée, et tenir compte des nouvelles réalités opérationnelles, comme le combat dans les zones bâties (cbtZB). Il faut s'attendre à ce que le type de menaces change, dans les opérations urbaines, et qu'on utilise des mines et des dispositifs explosifs de circonstance (IED).

Dans la perspective actuelle d'intégration des détecteurs et des systèmes de détection et de reconnaissance des objectifs, la détection SMART est la composante de base pour l'établissement d'un champ de bataille numérique tridimensionnel. On mettra au point de nouveaux capteurs, étroitement reliés à des algorithmes et à des plates-formes, pour répondre efficacement aux menaces des nouveaux milieux opérationnels. Il existe une foule de domaines spécialisés qui ne seront pas exploités par le secteur commercial, par exemple : la signature de la cible et la synthèse de l'arrière-plan militaire; la détection, dans le spectre entier, des objectifs camouflés et difficilement observables; les systèmes de surveillance autonomes à distance; les systèmes de capteurs secrets, la diversité et la disparité des capteurs utilisés pour la détection des objectifs d'intérêt militaire (mines, IED).

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Thèmes

(A) Exploitation de la connaissance du milieu à des fins de discrimination et de reconnaissance des objectifs : pour distinguer efficacement l'objectif

de l'arrière-plan dans le spectre entier des différentes situations, il est nécessaire de produire des milieux et des objectifs synthétiques présentant tous les aspects physiques réels (y compris les effets de l'atmosphère). On doit ensuite valider ces milieux à l'aide d'un programme de mesure détaillé et permanent. Dans ce travail de recherche, on fera appel à l'analyse hyperspectrale, passive et active, et à l'imagerie des ondes radar et millimétriques. Cette activité est la première étape obligatoire de l'élaboration d'algorithmes efficaces de détection et de reconnaissance. Elle constitue un préalable à la réussite de la recherche dans les domaines des autres thèmes. Elle implique la mise sur pied et la distribution d'infrastructures communes comme les bases de données, les modèles, etc.

(B) Détection, dans le spectre électromagnétique entier, des objectifs camouflés et de petite taille : pour détecter et reconnaître les objectifs camouflés ou cachés qui peuvent avoir une petite section transversale, les systèmes de capteurs doivent se fier aux propriétés intrinsèques des objectifs. On étudiera les systèmes EO/IR hyperspectraux actifs et passifs pour tester la réponse des objectifs lors des applications diurnes et nocturnes. Pour ce faire, il faudra mettre au point des systèmes réglables compacts, à laser pulsé rapide, à large bande. La réponse des objets synthétiques au radar multifréquence, polarimétrique servira également à distinguer les objectifs de l'arrière-plan naturel et à classer la végétation et le terrain naturels.

(C) Systèmes autonomes de surveillance à distance : on peut adopter une position beaucoup plus dynamique dans l'observation et la cueillette des données lorsqu'on dispose d'engins autonomes indétectables et à grande manœuvrabilité. Pour qu'on puisse charger ces observations à distance sur ces engins, il faudra mettre au point des systèmes de capteurs intégrés à haute performance, abordables. Parmi les problèmes particuliers à résoudre, citons la mise au point d'algorithmes sophistiqués permettant de vaincre l'obstacle de la limite absolue de la largeur de bande imposée par l'atmosphère; la transformation à bord, des données recueillies, en information et la localisation géographique précise de tous les champs balayés par les capteurs. Il faudra également effectuer, à bord des engins, le repérage de l'objectif et la fusion des données des capteurs, et il faudra constituer des bases de données sur les arrière-plans, pour pouvoir compléter les scènes.

(D) Systèmes de surveillance tous temps des objectifs « indétectables » : les systèmes radar et à ondes millimétriques passifs peuvent fonctionner virtuellement dans toutes les conditions atmosphériques. À long terme, on aura besoin de systèmes à petite section équivalente radar et de systèmes de détection des objectifs masqués (pénétration du feuillage, détection souterraine, etc.) . Pour favoriser la découverte dans le domaine des systèmes à semi-conducteurs haute fréquence, on étudiera les ondes millimétriques passives qui, pour une dimension d'antenne donnée, ont le pouvoir de résolution le plus élevé, quelles que soient les conditions atmosphériques. Vu le coût élevé de la mise au point de systèmes complets, on concentrera les efforts sur des systèmes de traitement spécifiques, l'élaboration des algorithmes et les sous-systèmes de matériel connexes.

(E) **Exploitation de la disparité et de la diversité des capteurs :** dans ce thème, on aborde le problème de l'utilisation de capteurs disparates et divers pour la détection des objectifs potentiels dans une zone étendue, avec une précision suffisante pour que des capteurs à plus haute résolution puissent repérer les objectifs potentiels en vue de leur reconnaissance et de leur classification.

On pourra atteindre cet objectif en utilisant des capteurs passifs acoustiques, sismiques, olfactifs, électrostatiques et électro-optiques (c'est-à-dire utilisables dans toutes les atmosphères). Le balayage d'une zone étendue et l'utilisation de capteurs à faible résolution imposent de sévères contraintes aux systèmes de traitement. Il faudra élaborer des algorithmes de repérage pour toutes les stratégies de fusion des capteurs et des données.

Au moyen d'un système radar, il sera possible d'effectuer le repérage autonome en se servant de la nouvelle technologie de numérisation et de traitement à grande vitesse. Il faudra pour cela utiliser la capacité de détection des petits objectifs que possède le radar à ouverture réelle, à balayage, pour traiter les données cohérentes du radar en vue d'obtenir en temps réel l'image à haute résolution de tous les objectifs détectés, sans interrompre le balayage de la zone entière. Le repérage subséquent d'un capteur EO et la fusion des images produites devrait améliorer sensiblement la capacité d'identification des objectifs. Si l'objectif possède en outre une signature MSE, il est possible de la fusionner en vue de l'identification spécifique de l'émetteur.

(F) **Réduction du réseau plan-focal :** ces dernières années, on a mis au point des détecteurs à matrice focale couvrant la gamme complète des longueurs d'ondes, à sensibilité et densité de pixels plus élevée, et à traitement intégré. On les utilise dans le spectre visible jusqu'à l'infrarouge lointain et jusqu'aux ondes millimétriques. Ils sont indispensables aux futurs systèmes de surveillance. Leur exploitation dépend et continuera de dépendre des besoins commerciaux. Les matrices focales ont toutes un inconvénient évident lorsqu'on les utilise à des fins militaires : elles ont d'énormes sections transversales qui les rendent facilement détectables. Il faudra donc mettre au point des versions à petite section transversale, initiative qui ne sera motivée que par des besoins militaires. La travail de recherche en conception et en vérification de l'imagerie à faible section transversale et de matrices hyperspectrales est essentiel à la création des systèmes de surveillance discrets et il décuplera l'expérience accumulée dans ce domaine par la DRDD et ses partenaires industriels canadiens.

(G) **Exploitation et intégration des capteurs à des fins de détection des mines terrestres :** pour résoudre le difficile problème de la détection des mines terrestres, il faut intégrer et fusionner l'information de très nombreux capteurs simples ou complexes. À cet effet, il faudra effecteur des travaux de recherche dans les domaines suivants : nouveaux capteurs; technologies de détection individuelle (induction électromagnétique; géoradar, rayons X; modération neutronique; résonance quadruple nucléaire; imagerie hyperspectrale); amélioration du traitement des signaux en vue de découvrir des méthodes de détection des mines; intégration des nouveaux capteurs à la robotique; progrès dans le calcul massif et application du calcul massif à l'amélioration de la fusion des données fournies par de multiples capteurs; élaboration de

contre-mesures à prendre pour éviter les mines intelligentes et les systèmes remplaçant les mines terrestres.

Les trois résultats les plus importants

- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces.
- Systèmes de captage, à déploiement secret, à couverture étendue et résolution adaptable.
- Identification, poursuite et engagement automatiques rapides et fiables des cibles furtives.

Liens

Si l'on se base sur les considérations précédentes, l'activité de R et D en détection est clairement liée aux domaines suivants :

- Gestion des signatures
- Guerre électro-optique
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- Systèmes intelligents autonomes
- Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique
- Détection (sous-marine)
- Facteurs humains et aide à la décision
- Gestion de l'information et des connaissances
- SMART
- Guerre électronique RF
- Systèmes spatiaux
- Systèmes d'information du commandement et contrôle
- Armes de précision
- Communications

17. Détection (sous-marine[3])

Définition

On considère ici que la R et D traite de la connaissance de la situation[4] et du choix des objectifs en période de guerre sous-marine, que ce soit par des moyens mobiles (embarqués à bord de navires, aéroportés ou embarqués à bord d'engins autonomes) ou fixes (déployés rapidement ou à long terme).

Tendances, menaces et possibilités

Les récents déploiements de la marine ne constituent plus des opérations traditionnelles comme celles du temps de la guerre froide, ou des opérations en haute mer contre des sous-marins à propulsion nucléaire, ce sont plutôt des opérations qui se déroulent le long du littoral, dans de nouvelles régions, qui comportent à la fois le risque de conflit avec des sous-marins classiques (plus difficiles à détecter que les sous-marins à propulsion nucléaire) équipés de torpilles et le risque associé aux mines à orin, aux mines de fond, aux mines enfouies et aux armes terrestres. Cette évolution, qui se manifeste dans les opérations et dans les menaces, devrait se poursuivre et elle exige des capacités de guerre

[3] Par détection (sous-marine), on entend « détection au moyen de capteurs sous-marins » plutôt que détection d'objectifs sous-marins »

[4] Ici, connaissance de la situation signifie connaissance de la situation tactique de la guerre sous-marine, qui englobe les activités propres aux contre-mesures prises pour éviter les mines. On suppose qu'une autre activité de R&D traitera des niveaux plus élevés de commandement et de contrôle ainsi que de la situation tactique de l'ensemble de la plate-forme, c'est-à-dire de la situation tactique multi-environnementale.

sous-marine supérieures à celles dont nous ou nos alliés disposons aujourd'hui. La détection sous-marine comprend aussi bien la détection et la poursuite d'objectifs terrestres et aériens que la détection et la poursuite de mines et d'engins sous-marins. Dans cette activité, on a recours aux capteurs acoustiques, magnétiques, électromagnétiques et optiques (surtout à IR).

Dans la guerre sous-marine de l'avenir, il faudra non seulement recourir à l'intégration multi-plate-forme des systèmes classiques de capteurs de la GASM, mais aussi disposer de réseaux abordables de capteurs qui, pris individuellement, auront peut-être des performances de capteurs inférieures à celle des capteurs actuels, mais dont les performances au sein du système seront bien plus élevées : ils seront capables de réaliser la détection et la poursuite de premier niveau d'une manière complètement automatique. Cette capacité sera conditionnée par les progrès accomplis dans les technologies de communication, la fusion des données, les aides à la décision et la gestion des connaissances. Il faudra également accomplir d'importants progrès dans le domaine des algorithmes et dans celui du matériel et des logiciel embarqués.

Le travail dans le domaine de la détection sous-marine portera sur les points suivants : le matériel (systèmes de capteurs, transducteurs, actionneurs, systèmes de traitement); les caractéristiques physiques du milieu opérationnel (évaluation et modélisation du milieu); les procédés (détection, classification, poursuite, gestion de l'information sur la guerre sous-marine); la validation et la démonstration de concepts par le traitement au banc d'essai des systèmes de guerre sous-marine et de lutte contre les mines (LCM), confiés à d'authentiques utilisateurs.

On peut espérer que l'entrée en service de systèmes réels, en réseau et répartis, augmentera la faisabilité d'un plus grand nombre d'opérations de guerre sous-marine sans qu'on doive recourir à des projets majeurs de la Couronne pour remplacer des systèmes entiers devenus trop vétustes. Ces systèmes permettront d'intégrer la technologie dans un système pour améliorer sa performance opérationnelle face à de nouvelles menaces. Il deviendra possible de remplacer l'équipement obsolète par étapes, ce qui permettra d'éviter de « laisser rouiller » des plates-formes entières et d'éviter aussi les effets catastrophiques qu'une telle situation entraîne périodiquement sur la GCV.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Les démonstrateurs de concept des systèmes de guerre sous-marine en réseau et répartis fourniront un ensemble de systèmes de laboratoire allant des capteurs à l'affichage, qu'on pourra également utiliser lors de tests opérationnels. Ces systèmes permettront l'interaction avec l'opérateur, à la fois pour faire la démonstration des concepts et des systèmes opérationnels et pour obtenir l'évaluation directe de l'opérateur en ce qui concerne la faisabilité de l'ensemble, ce qui guidera la décision d'acquisition du système. Le succès des démonstrateurs de concept – et finalement des systèmes de guerre sous-marine répartis- dépendra fortement de l'infrastructure des communications, que ce soit en RF ou sous l'eau.

Thèmes

(A) Capteurs répartis et dragues à influence abordables : les menaces de la future guerre sous-marine, qu'il s'agisse de sous-marins, de torpilles

ou de mines, nécessiteront une nouvelle technologie de capteurs, transducteurs et actionneurs. Cette nouvelle technologie devra permettre de construire des capteurs répartis et des dragues à influence, abordables, qui élimineront les lacunes des systèmes de guerre sous-marine et de LCM actuels. Les capteurs seront de différents types : acoustiques, électromagnétiques ou optiques. Les transducteurs et les actionneurs comprendront des systèmes tels que les dragues à influence de LCM.

(B) **Détection in-situ des propriétés de l'océan et du fond de l'océan :** élaborer les algorithmes, les techniques et les systèmes de détection in-situ des propriétés de l'océan et du fond de l'océan qui sont importantes pour établir la performance des armes et des sonars navals et aéroportés.

(C) **Connaissance en temps voulu de la situation tactique de la guerre sous-marine :** la détection, l'identification, la localisation et la poursuite des engins et des mines demeurent un problème de taille (même dans le cas de capteurs discrets) dans les opérations en haute mer. De meilleurs capteurs ne suffiront pas à combler les lacunes actuelles si l'opérateur ne connaît pas en temps opportun la situation tactique de la guerre sous-marine grâce à des algorithmes plus efficaces et à une gestion plus efficace de l'information fournie par les capteurs sous-marins. Le succès dépendra en grande partie de la capacité, pour de multiples plates-formes et systèmes, d'intégrer l'information relative au sonar et celle relative à l'objectif.

Les trois résultats les plus importants

- Systèmes de captage, à déploiement secret, à couverture étendue et résolution adaptable.
- Identification, poursuite et engagement automatiques rapides et fiables des objectifs furtifs.
- Mise au point et insertion rapides de la technologie.

Liens

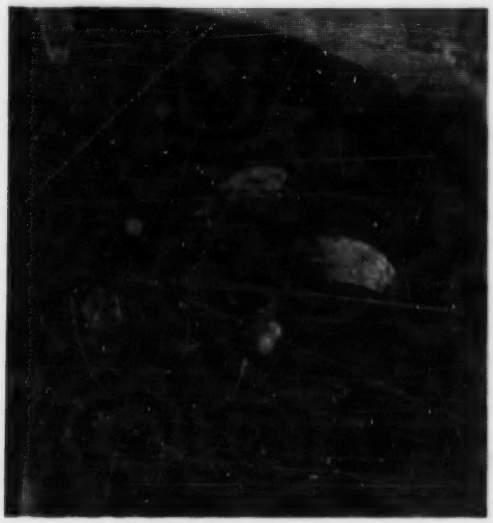
L'utilisation sur le terrain de futurs systèmes prometteurs sera liée à une gamme étendue d'autres activités de R et D :

- Facteurs humains et aide à la décision
- Systèmes intelligents autonomes
- Gestion de l'information et des connaissances
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- SMART
- Systèmes d'information du commandement et contrôle
- Communications
- Armes de précision
- Performances psychologiques
- Détection (aérienne et terrestre)
- Gestion de la signature
- Effets d'armes
- Espace

18. Gestion des signatures

Définition

La R et D en gestion des signatures porte sur un ensemble de technologies liées à la réduction des émissions détectables (signatures) et à la gestion du risque de détection et de classification des actifs par l'ennemi, qui peut les choisir comme objectifs. L'activité n'englobe pas la contre-détection ni la gestion



des émissions de communications, qui relèvent de l'activité de la guerre électronique. La technologie employée vise à rapprocher le plus possible, des caractéristiques de l'arrière-plan, les caractéristiques de signature des actifs militaires, pour les rendre indétectables. La gestion des signatures vise à faire prendre conscience aux commandants des effets que leurs actions ont sur les signatures et la vulnérabilité.

Tendances, menaces et possibilités

La furtivité préoccupe déjà les forces militaires, mais elle exigera encore plus d'attention à l'avenir, à cause de la variété et de la complexité toujours croissantes des systèmes de capteurs déployés par les adversaires. Il devrait être possible de réduire les signatures passives (intensité acoustique de la cible, surface équivalente radar, etc.) en utilisant de nouveaux matériaux et en innovant dans le domaine de la construction ou de la forme des objets. Quant aux signatures actives (bruit des navires, intensité acoustique de la cible, panache infrarouge, etc.), elles requièrent surtout une réduction des émissions à la source. Les actifs des FC courent le risque d'être éclairés par les forces ennemies ou par les émissions de nos propres plates-formes, y compris nos capteurs actifs. Les signatures les plus importantes relèvent des domaines suivants : l'acoustique, l'électromagnétisme, le radar, le laser, les communications, l'EO dans le spectre visible, l'IR et l'UV.

La menace provient de la complexité croissante des capteurs, de l'analyse fournie par le traitement informatique et du risque que l'adversaire exploite n'importe quelle émission. Le combattant actuel n'a pas une connaissance suffisante du risque, pour ses propres opérations, de sa signature et des effets de sa signature sur ses propres capteurs.

Ces données contribuent à déterminer la masse critique de personnel qu'il faut affecter au domaine de la gestion des signatures. Les technologies de réduction de la signature augmentent la survivabilité en réduisant la capacité de l'ennemi de choisir nos actifs comme objectifs, elles augmentent notre capacité d'engager l'ennemi n'importe où dans l'espace de combat et elles améliorent la performance des capteurs des FC.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Thèmes

(A) Prédiction et réduction de la signature sous-marine : effort fourni dans les domaines de l'acoustique, de l'électromagnétisme et des caractéristiques de sillage des plates-formes navales, en vue de trouver les solutions possibles

aux problèmes de signature actuels et futurs. Les participants au programme exploiteront les capacités d'analyse, fourniront au MDN un avis technique indépendant, préserveront la base de connaissances entre les acquisitions majeures et résoudront des problèmes en service.

(B) Prédiction et réduction des signatures terrestres et aériennes : effort dans les domaines des signatures EO/IR, radar et RF, en vue d'évaluer les solutions possibles aux problèmes de signatures actuels et futurs. Le programme comprendra la mise au point de matériaux adaptables et de techniques de camouflage, la modélisation du camouflage EO/IR et les techniques de réduction de la surface équivalente radar, l'étude des signatures EO/IR multispectrales et hyperspectrales, la mise au point de capteurs EO/IR discrets, et la modélisation des signatures IR et UV des missiles.

(C) Gestion intégrée de la signature : élaborer une approche intégrée de la gestion de la signature pour qu'un commandant dispose en temps réel de l'information relative aux signatures émises par ses plates-formes. L'intégration de l'information sur les signatures dans les outils d'évaluation des menaces servirait de principe directeur dans la réduction des signatures. Par exemple :

- Pour les navires, le travail de recherche pourrait se baser sur le système de gestion du bruit de navires et sur SHIPIR/NTCS (simulateur de contre-mesures tactiques navales).
- Pour les actifs terrestres et aériens, il faudrait également mettre au point des outils de gestion de la signature.

(D) Signatures réduites pour la neutralisation des explosifs et munitions : l'équipement des plongeurs et, dans une certaine mesure, les PAP utilisés dans la neutralisation des explosifs et munitions ne doivent pas dégager de signatures (acoustiques, électriques ou magnétiques, par exemple) qui risquent de déclencher les dispositifs d'amorçage. Il faut effectuer des travaux de R et D pour s'assurer que ces opérations ne sont pas vulnérables aux algorithmes avancés de déclenchement des mines.

(E) Systèmes de leurrage : les canons, les missiles, les torpilles et les mines représentent de sérieuses menaces de mort pour les missions et les plates-formes. On effectuera des travaux de recherche sur les leurres, et les aides à la décision qui y sont associées, en vue de contrer les menaces venant de l'intérieur. Par exemple, des systèmes de leurrage des mines et des stratégies de brouillage seront mis au point pour réduire les risques des opérations de LCM et pour qu'en pratique, les opérations de LCM soient en phase avec l'évolution des actifs principaux de la flotte.

Les trois résultats les plus importants

- Systèmes secrets robustes, capables de survivre dans l'environnement de combat de 2020
- Systèmes adaptables à l'opérateur
- Systèmes de captage, à déploiement secret, à couverture étendue et résolution adaptable

Liens

- Guerre électronique RF
- Guerre électro-optique

- Gestion de l'information et des connaissances
- Matériaux nouveaux et technologie biomoléculaire
- Guerre des réseaux d'information
- Armes de précision
- Rendement des plates-formes et gestion du cycle de vie (GCV)
- Détection (aérienne et terrestre)
- Détection (sous-marine)
- Systèmes spatiaux
- SMART

Note : La R et D concernant les leurres aériens et terrestres relève des activités de la guerre électronique RF et de la guerre E-O.

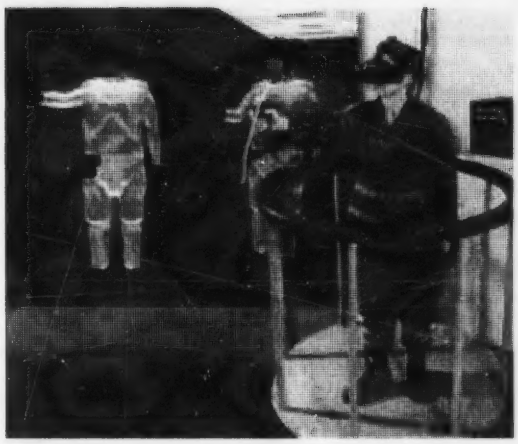
19. Simulation et modélisation pour l'acquisition, la répétition et l'instruction (SMART)

Définition

La modélisation et la simulation sont des substituts mathématiques ou physiques de fidélité appropriée, utilisés pour évaluer les concepts opérationnels, de matériel et de logiciels nouveaux ou existants ainsi que le comportement des systèmes réels ou virtuels, y compris leur interaction avec les personnes qui les utilisent. Dans l'industrie civile et dans l'armée, on note une forte tendance à utiliser la modélisation et la simulation (MS) pour amener plus rapidement les projets de l'état de concept à l'état de système opérationnel. Des activités de R et D sont nécessaires à l'élaboration, à la vérification, à la validation et à l'accréditation des modèles et des simulations de tous les niveaux hiérarchiques (des composants aux systèmes) etquelle que soit leur classe (exercice, réalité virtuelle ou simulation constructive matérielle). On essaie également de réduire l'effort demandé et les coûts engagés dans ce domaine en recherchant l'interopérabilité des outils et des éléments de MS et en cherchant à les réutiliser. Plutôt que de concevoir et fabriquer certains modèles complexes, on peut décider de choisir les meilleurs modèles existants et, éventuellement, de les modifier. Lorsque cela s'avère approprié, on peut relier les modèles ou les simulations et former des scénarios virtuels dans le but de fournir une analyse complète de l'espace de combat, de fournir une analyse des options opérationnelles qui permet aux décideurs de choisir la solution la plus appropriée, et de fournir aux équipes opérationnelles la possibilité de s'entraîner dans un environnement à risques contrôlés.

Tendances, menaces et possibilités

Les modèles et les simulations permettent de prédire le résultat de scénarios opérationnels et d'améliorer la performance de systèmes opérationnels. Leurs utilisateurs peuvent « combattre » un système dans différents scénarios présents et futurs et élaborer des doctrines, et ces scénarios offrent à la communauté de soutien technique une rétroaction précieuse qui lui permet de préciser davantage les spécifications de nouveaux systèmes. La modélisation et la simulation peuvent servir à évaluer la faisabilité technique et l'utilité opérationnelle, l'efficacité de l'interface homme-machine et les procédures à suivre pour tirer profit de la technologie. Une approche intégrant les outils et la philosophie de MS permet également d'évaluer l'efficacité du matériel ou des logiciels proposés dans l'environnement dans lequel ils seront utilisés, et d'estimer l'impact de l'utilisation de nouvelles capacités ou de matériel particulier sur l'issue d'un combat.



Les États-Unis sont à la tête d'un mouvement à l'échelle mondial en faveur d'une utilisation intensive de la MS dans l'acquisition des systèmes (appelée acquisition basée sur la simulation). Le principe de ce mouvement est de briser le cycle construire-tester-construireactuel, qui est trop coûteux. Dans les décisions portant sur l'acquisition, SMART peut aider à distinguer les éléments d'un système qu'il serait « bon d'avoir » des éléments du même système qui sont « essentiels », et révéler la différence de coût entre ces options. En utilisant la modélisation et la simulation dans le programme d'acquisition des systèmes, on peut évaluer les facteurs de coût et de risque et formuler un jugement éclairé. La modélisation et la simulation, en particulier les prototypes virtuels et la simulation avec intéraction humaine dans la boucle, permettent de réduire le temps, les ressources et les risques associés à la gestion de l'acquisition et du cycle de vie de nouveau matériel, et de fournir par le fait même l'occasion d'améliorer la performance du système grâce à des évaluations opérationnelles dans un environnement synthétique, commençant tôt dans le processus de développement. Les restrictions croissantes imposées à l'entraînement à l'extérieur ou dans un espace aérien ouvert, la probable réduction du temps consacré à l'entraînement sur terre, dans les airs et en mer, le vieillissement de l'équipement, la forte dispersion des ressources et l'incorporation des corps de réserve dans l'effectif total des forces armées sont autant de raisons d'utiliser davantage l'instruction par simulateur. Les FC de l'avenir seront constituées de contingents plus petits, polyvalents et déployables, dont les membres devront posséder des compétences techniques plus étendues.

Les progrès de la génération d'images par ordinateur et de la technologie de réseautage des ordinateurs et la poussée internationale en faveur d'une architecture commune des simulations interactives réparties ouvrent de nouvelles perspectives d'entraînement collectif, conjoint et combiné dans un même environnement synthétique. L'intelligence artificielle (IA) et les systèmes experts (réseautage neuronale et logique floue, par exemple) offrent également des possibilités, par exemple celle de réduire le besoin du personnel de soutien pour de la formation, de réduire le nombre de simulateurs et de compenser les réductions de personnel et la charge de travail croissante dans le contexte opérationnel. Dans le domaine de l'entraînement, les simulations peuvent améliorer la préparation des opérateurs en les dotant des connaissances, des compétences, des habiletés et de la confiance exigées dans l'exécution de leurs tâches militaires. Ces objectifs de comportement, qui nécessitent une appréciation des problèmes psychologiques et des facteurs humains, demandent que l'on conçoive et utilise un simulateur pour que le transfert de connaissances soit efficace. Grâce à la poussée technologique amorcée par les industries créatrices de produits de l'éducation et du loisir, on peut améliorer la simulation et la

modélisation dans les environnements synthétiques et réduire le coût de ces opérations en tirant profit de ces produits.

Les opérations internationales de l'avenir exigeront, des chefs militaires, la capacité de planifier, de former et de procéder à la répétition de missions spécifiques dans un environnement virtuel et interopérable. La simulation et la modélisation offrent la possibilité de préparer les forces à participer à des opérations particulières par des exercices reconfigurables et effectués dans un contexte représentant fidèlement la réalité.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Thèmes

(A) Simulations par essai, virtuelles et constructives: dans ce thème, la R et D vise à faire progresser les technologies catalyses (les composants standard disponibles sur le marché, par exemple) et à déterminer leur efficacité (l'efficacité de l'entraînement par exemple) afin de réduire le coût des simulations, de permettre la reconfiguration et l'interconnectivité nécessaires à l'entraînement collectif et conjoint, et les exercices combinés. Dans cet effort de recherche, on fera appel au progrès technologique dans les domaines du réseautage, de la réalité virtuelle, des facteurs humains, de la visualisation et de la MS.

(B) Mise au point et élaboration, vérification, validation et accréditation de modèles et d'ensembles de données physiques : dans ce thème, la R et D vise à évaluer et à améliorer l'exactitude, l'utilité et la validité prédictive de la simulation et de la modélisation lorsqu'utilisées à des fins d'intégration des systèmes humains, d'acquisition des systèmes d'armes et d'analyse opérationnelle.

(C) Mise au point et élaboration, vérification, validation et accréditation de modèles du comportement humain : dans ce thème, la R et D cherche à évaluer et à améliorer l'utilité et la validité prédictive des principaux modèles de comportement individuel et organisationnel. Elle se servira des facteurs humains, de la modélisation et de la simulation, de l'intégration des systèmes humains et du génie logiciel pour parvenir à une meilleure et plus rapide prise de décision. Une connaissance plus approfondie de la performance humaine, permettra d'utiliser l'intelligence artificielle et les progrès du génie logiciel pour soutenir tous les aspects de SMART.

(D) Simulation et modélisation réparties : dans ce thème, la R et D déterminera dans quelle mesure il est possible d'exploiter les capacités en calcul et les progrès des communications à large bande et du réseautage dans la connexion et l'interaction des modèles et des simulations, en vue de faciliter l'acquisition, l'entraînement et la répétition des missions.

(E) Architectures de modélisation et de simulation : dans ce thème, la R et D cherchera à élaborer des architectures de modélisation et de simulation en établissant les interconnexions entre les différents modèles hiérarchiques et les différentes classes de modèles. Il faut de plus associer à ces architectures un assortissementde données validées (par exemple, les propriétés physiques, les

paramètres de performance des [sous]-systèmes, les données géospatiales et les données des scénarios opérationnels) pour pouvoir appliquer efficacement la modélisation et la simulation à l'acquisition, à l'entraînement et à la répétition des missions.

Les trois résultats les plus importants

- Simulations et simulateurs reconfigurables pour l'entraînement des individus et des équipes, pour la répétition des missions et pour l'acquisition
- Gestion de l'information et des connaissances en vue de faciliter la prise de décision dans un environnement complexe
- Systèmes reconfigurables et adaptés à l'opérateur
- Adaptable operator-tailored systems.

Liens

- Facteurs humains et aide à la décision
- Gestion de l'information et des connaissances
- Communications
- Performances psychologiques
- Systèmes intelligents autonomes
- Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique
- Systèmes d'information du commandement et contrôle
- Guerre électro-optique
- Guerre des réseaux d'information
- Médecine opérationnelle
- Performance des plates-formes et gestion du cycle de vie (GCV)
- Performances psychologiques
- Guerre électronique RF
- Détection (aérienne et terrestre)
- Détection (sous-marine)
- Gestion de la signature
- Effets d'armes

20. Systèmes spatiaux

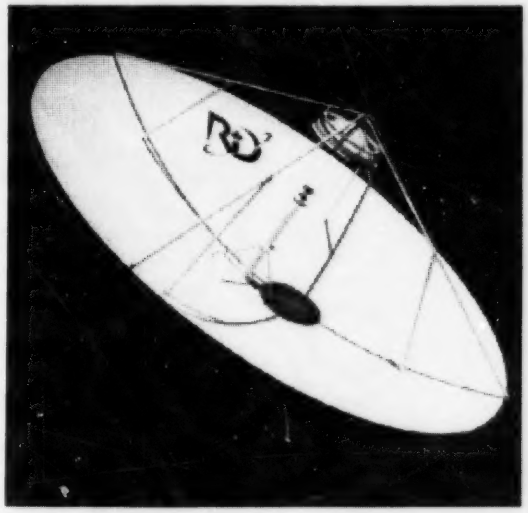
Définition

Le domaine des systèmes spatiaux englobe l'élaboration des concepts, des composants et de la technologie, ainsi que le développement des capacités d'exploitation des données, qui permettent de soutenir les activités suivantes:

- la surveillance de l'espace à partir de plates-formes et de capteurs terrestres et spatiaux;
- la surveillance à partir de l'espace incluant la télédétection, la cueillette de renseignements ainsi que la surveillance et le renseignement à sources multiples;
- l'alerte lointaine et la défense contre les missiles balistiques à partir de l'espace, avec une insistance particulière sur les technologies de détection et de C3I qui présentent un intérêt pour le NORAD et pour le renouvellement de cet accord.

Tendances, menaces et possibilités

Dans sa politique spatiale de 1998, le MDN réitère la déclaration qui figure dans le Livre blanc sur la défense et qui reconnaît que l'espace devient une composante de plus en plus importante de l'environnement global de sécurité. L'espace sera bientôt le quatrième milieu de guerre et permettra non seulement de rapprocher les forces combattantes, mais deviendra, sur le plan



stratégique, essentiel à la survie des combattants durant les périodes de paix, de tension et de guerre. Lors des futures guerres de coalition, la domination de l'espace sera indispensable à la position défensive et aux opérations des forces de coalition. Sans l'espace, tout ce qui sera dans les airs, sur mer ou sur le champ de bataille courrira un risque.

Avec la prolifération des missiles balistiques, l'espace joue un rôle de plus en plus important dans la protection de l'État moderne. Selon le document sur la politique spatiale, la faculté d'utiliser l'ensemble de l'espace est fondamentale si l'on veut engager efficacement des forces armées dans les crises régionales, réagir rapidement aux conditions d'incertitude et d'instabilité, posséder une mobilité élevée et une présence militaire avancée la plus réduite possible, et atteindre une efficacité maximale en utilisant l'espace pour le soutien à ces opérations. Dans l'optique de la politique de l'hémisphère occidental du MDN, le Canada doit faire acte de bonne volonté et contribuer visiblement et de manière crédible dans les domaines de l'espace, de l'alerte et de la défense, à l'appui du prochain renouvellement de l'accord du NORAD. Dans le projet conjoint de l'espace (JSP), on a donc décidé d'appliquer une stratégie de surveillance de l'espace dès que les moyens financiers le permettront, afin de soutenir le réseau américain de surveillance de l'espace.

Dans sa politique de l'espace de 1998, le MDN déclare encore que la mise sur pied d'un programme de R et D spatial actif, à orientation opérationnelle, est capitale pour que des capacités opérationnelles spatiales se concrétisent au sein du MDN. Les responsables nationaux J2 et J3 ont également reconnu que les futures opérations de renseignementet de surveillance nationales et de l'alliance, subiront un bouleversement complet lors du déploiement des systèmes aérospatiaux de surveillance et de renseignement. Pour pouvoir soutenir les initiatives importantes du projet conjoint de l'espace (JSP) G2667, la DRDD doit augmenter sensiblement son expertise et ses capacités technologiques relatives à l'espace si elle veut maximiser les contributions technologiques et la participation industrielle canadiennes.

Les progrès phénoménaux réalisés dans les matériaux microstructuraux, les nanotechnologies, les sources d'énergie à haute efficacité et les lanceurs plus abordables feront diminuer de plus en plus le coût des systèmes spatiaux et rendront le déploiement dans l'espace de systèmes de surveillance de zones étendues et d'alerte lointaine de plus en plus économiques. RDDC a maintes possibilités de conclure avec les États-Unis et le Royaume-Uni un protocole d'entente sur un programme trilatéral de R et D technique (PE sur un

PTRDT) axé sur la surveillance basée dans l'espace, et de collaborer à des projets précis et à un important forum du groupe de travail mixte américain ainsi qu'à d'autres PE multinationaux. RDDC a également l'occasion de tirer avantage des dépenses annuelles de 300 millions de dollars engagées par l'ASC dans les programmes spatiaux.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Thèmes

(A) **Modélisation et simulation haute fidélité pour l'évaluation des performances, l'analyse des concepts et la mise au point des systèmes spatiaux :** entreprendre la modélisation et la simulation haute fidélité de divers systèmes spatiaux : radars, systèmes EO/IR et systèmes à sources multiples (Op 4); appuyer l'analyse des missions, l'analyse d'orbites, l'analyse et la conception des constellations de satellites, la couverture au sol; déterminer l'intervalle de survol et la vitesse de détection minimum; calculer la probabilité de détection et de poursuite, et le taux de fuite; soutenir l'évaluation des performances de divers algorithmes de traitement des signaux et des opérations C31. Ce travail de R et D est crucial pour le développement de nouveaux concepts de systèmes et la mise au point de systèmes de surveillance militaire basés dans l'espace et de systèmes d'observation de la terre.

(B) **Surveillance, alerte lointaine et défense basées dans l'espace :** mettre au point des technologies de surveillance et de télédétection par radar, EO/IR et sources multiples. Études portant sur les algorithmes de traitement des signaux, pour pouvoir tenir compte des effets de la propagation ionosphérique, de la grande vitesse de déplacement des satellites, des effets d'arrière-plan du limbe de la terre et de l'espace froid, qu'il est essentiel de connaître pour la caractérisation des capteurs en orbite, pour la compensation radiométrique et ionosphérique et pour l'étalonnage. Les applications comprendront la RSCR (renseignement, surveillance, choix de l'objectif et reconnaissance) de zones étendues qui soutiendront la détection automatique des objectifs, l'analyse des missions, l'établissement de cartes numériques du relief du terrain, la classification et l'identification. Des niches technologiques seront également exploitées en vue du déploiement possible de systèmes de surveillance des actifs canadiens depuis l'espace.

(C) **Électronique de pointe et résistante en milieu spatial hostile :** exploitation de l'électronique de pointe et résistante en milieu spatial hostile pendant l'exposition prolongée en orbite. On effectuera des simulations, de l'analyse et des essais environnementaux sur terre, ainsi que des expériences dans l'espace.

(D) **Détection, poursuite et identification des objets dans l'espace :** mise au point de concepts, de techniques et de technologies destinés à la surveillance de l'espace : algorithmes de poursuite et d'identification des objets dans l'espace, pour répondre aux exigences de surveillance de l'espace par les FC; mise au point de capteurs sensibles à la lumière visible pour la surveillance et l'identification des objets dans l'espace éloigné.

Les trois résultats les plus importants

- Identification, poursuite et engagement automatiques, rapides et fiables des cibles furtives.
- Systèmes de captage, à déploiement secret, à couverture étendue et résolution adaptable.
- Gestion de l'information et des connaissances en vue de faciliter la prise des décision dans un environnement complexe

Liens

- Guerre électronique RF
- Évaluation et détection de la menace chimique, biologiqueet radiologique
- Communications
- Systèmes d'information du commandement et contrôle
- Détection (aérienne et terrestre)
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- Gestion de l'information et des connaissances
- Armes de précision
- Gestion de la signature
- Guerre électro-optique

21. Effets d'armes

Définition

Par effets d'armes, on entend les phénomènes produits par une arme qui interagit avec un objectif. On peut examiner ces effets sous l'angle de l'arme (létalité) ou de l'objectif / de la plate-forme (vulnérabilité); ils englobent donc la protection du matériel et celle du personnel. La modélisation et la simulation des effets d'armes sur l'objectif / la plate-forme constituent une partie importante de cette activité.

Tendances, menaces et possibilités

Les plates-formes et systèmes de combat de demain seront légers, pourront être aéroportés, auront une grande manœuvrabilité et seront équipés de systèmes d'armes répondant aux besoins des années 2020. Ces dernières années, des progrès importants ont été accomplis en science des matériaux, en synthèse des matériaux et dans le domaine des matériaux énergétiques. Les nanoparticules, les particules dopées, les additifs polymorphes, les revêtements métalliques minces et les matériaux métastables peuvent avoir un effet considérable sur les caractéristiques de détonation des charges explosives et sur l'interaction subséquente entre les produits de la détonation et le milieu environnant.

On a réalisé des progrès sensibles dans la conception des charges explosives hétérogènes. Il est désormais possible de contrôler plus précisément les propriétés dynamiques, les caractéristiques et les propriétés de combustion des particules qui constituent ces charges. Les particules ont un effet marqué sur la courbe de libération d'énergie et, par conséquent, sur les caractéristiques de propulsion et(ou) d'explosion des charges explosives. Les procédés de libération d'énergie très contrôlés, les nouveaux matériaux et les phénomènes cumulatifs et convergents peuvent augmenter notablement l'efficacité des armes (détonation, charges creuses, projectiles formés par explosion, etc.) Les armes thermobares peuvent occasionner d'importants dégâts aux infrastructures et objectifs non renforcés, sous forme d'explosions et d'incendies. La prochaine étape consistera à mettre au point des outils de MS qui

faciliteront l'élaboration des mesures de protection adéquates.

On pourra accroître l'efficacité des charges militaires en utilisant de nouveaux matériaux et des méthodes de propulsion à haute vitesse. La R et D doit s'employer à augmenter les vitesses de lancement des missiles et des projectiles pour réduire le temps d'engagement et augmenter le pouvoir destructif de ces armes. Il faudra construire des installations permettant d'étudier les interactions projectile – objectif aux vitesses hypersoniques.

Les armes à énergie dirigée, qui comprennent les lasers aveuglants, occuperont vraisemblablement une place plus importante sur le futur champ de bataille. Il sera possible d'utiliser des micro-ondes à grande puissance contre des systèmes équipés de composants électroniques vulnérables, comme les systèmes de communication, les radars, les imageurs et les systèmes de guidage et de contrôle.

Grâce à la gestion du cycle de vie, il sera possible de réduire les coûts en s'assurant que l'utilisation des munitions entreposées ne présente aucun risque, que ces munitions gardent toute leur efficacité et qu'il est possible de les éliminer en toute sécurité et sans nuire à l'environnement.

La modélisation et la simulation sur ordinateur auront une influence capitale sur la conception des futurs systèmes d'armes et sur l'évaluation de leur efficacité. On utilisera la MS pour optimiser l'efficacité des futurs systèmes de protection basés sur les contre-mesures électroniques, chimiques et actives destinées à protéger les plates-formes aériennes, terrestres et navales.

Problème examiné / Résultats critiques pour les FC

Thèmes

(A) **Nouveaux matériaux énergétiques :** améliorer les performances explosives des matériaux énergétiques en tirant profit des progrès continuels accomplis en science et en technologie des matériaux, et de l'information rendue disponible par la communauté du renseignement. La recherche sera également concentrée sur la production de nouveaux types de matériaux énergétiques issus de nouveaux procédés de fabrication. La formulation d'explosifs contenant de nouveaux ingrédients améliorera les performances et augmentera les effets destructeurs. Les matériaux énergétiques, moins sensibles et plus puissants, augmenteront les effets combinés des charges creuses, de la fragmentation et de la puissance de destruction des projectiles, formés par explosion sur des objectifs légèrement ou lourdement blindés. En ce qui concerne les armes explosives, on améliorera la connaissance de la conception des charges condensées ou à faible densité qui produisent des effets amplifiés, ce qui

comprend les effets de la charge des particules, de la transition déflagration – détonation, des explosions localisées et les effets de choc. Pour ce qui est des explosions sous-marines, on étudiera plus particulièrement la séparation de l'énergie de choc et de l'énergie des bulles, et l'interaction unique bulle / objectif. On acquerra une connaissance approfondie des phénomènes d'interaction explosifs – matériaux, qui permettra de formuler à temps les évaluations des menaces et de mettre au point les contre-mesures destinées à protéger le combattant et l'équipement. On utilisera intensivement la MS.

(B) **Évaluation des pénétrateurs hypervéloces :** avec la mise au point de nouvelles techniques et de techniques améliorées, qui permettront aux missiles et aux munitions d'atteindre les vitesses hypersoniques, et l'avènement de nouveaux matériaux et de nouvelles conceptions des projectiles, il sera possible d'accroître singulièrement la densité d'énergie cinétique parvenant à l'objectif. La capacité de pénétration des projectiles classiques atteint un plateau à la vitesse d'impact de 2 km/s, mais il faudra étudier la conception de nouveaux pénétrateurs, comme les concepts de pénétrateurs télescopiques ou segmentés, en déterminant les avantages et les effets des vitesses hypersoniques à cet égard. Il sera essentiel de pouvoir envoyer des projectiles à énergie cinétique à de telles vitesses contre des objectifs, afin de pouvoir mener des essais et d'effectuer les simulations numériques qui permettront de comprendre les mécanismes de pénétration qui interviennent.

(C) **Efficacité des systèmes d'armes :** la létalité des futurs systèmes d'armes rendra plus vulnérables les combattants et les plates-formes aériennes, navales et terrestres actuelles. Ils faudra exploiter les progrès réalisés dans les matériaux à grande vitesse de déformation, la mécanique de calcul et les effets à l'arrière de la cible, pour définir des systèmes d'armes légers, à haute performance, qui perceront les structures défensives et les blindages les plus perfectionnés. La même technologie permettra de mettre au point des matériaux et des systèmes fortement améliorés pour protéger le personnel et les plates-formes. On créera des systèmes de protection actifs et réactifs qui résisteront plus efficacement aux munitions perfectionnées, dotées d'une précision accrue, d'une plus grande énergie destructive et d'un temps de réponse plus court. On mettra au point une série de modules V/L qui modéliseront la vulnérabilité et la létalité des menaces et des objectifs. D'ici 2020, les projectiles à énergie cinétique, les mines terrestres, l'explosion, l'incendie, les fragments, les projectiles formés par explosion, les charges formées et les modules à impulsion électromagnétique (IEM) auront fait l'objet d'études, de mises au point et auront été validés. Pour atteindre ces résultats, il faudra procéder à des expériences normalisées sur des systèmes entiers.

(D) **Armes à haute fréquence et à impulsion électromagnétique non nucléaire :** l'énergie à impulsion électromagnétique non nucléaire (EEMNN) et l'énergie hyperfréquence de grande puissance (HGP) peuvent perturber le fonctionnement des systèmes électroniques. La R et D devra entreprendre des travaux pour étudier les sources d'énergie à impulsion par explosion et établir des pratiques de protection contre les armes EEMNN et HGP. On recourra à la modélisation et à la s

imulation pour développer les concepts, évaluer la létalité et intégrer les systèmes (dans le cas des dispositifs à EEMNN).

(E) **Gestion du cycle de vie :** réduire au minimum l'impact néfaste des armes sur l'environnement en utilisant des matériaux recyclables, ce qui sous-entend l'exécution de travaux de mise au point, de formulation et de traitement sur les molécules. Au moyen de l'analyse chimique, procéder à des évaluation intrusives destinées à établir la sécurité, la stabilité et la discrimination de compatibilité des propulseurs en utilisant des méthodes de pointe comme la microcalorimétrie et l'électrophorèse par capillarité. Trouver des solutions de rechange au brûlage et à la destruction en plein air (BPA/DPA) des produits à durée de conservation expirée afin de réduire au minimum les effets de ces opérations sur l'environnement. Mettre au point des techniques d'évaluation non destructives en utilisant des logiciels prédictifs permettant d'établir économiquement l'inventaire complet des munitions. Faire progresser la théorie des dommages micromécaniques, l'analyse probabiliste et la mesure des propriétés mécaniques et chimiques au moyen de techniques non intrusives.

(F) **Déminage :** ouvertures de brèches, destruction, neutralisation, protection : trouver des moyens sécuritaires, fiables, économiques et étendus de détecter et de détruire, sans les déplacer, les mines isolées, à une distance sécuritaire. Mettre au point des technologies de neutralisation, à des distances sécuritaires, en utilisant des systèmes et des dispositifs robotisés, autonomes et économiques, l'énergie cinétique, l'énergétique, les ondes de choc concentrées ou d'autres formes d'énergie dirigée, la neutralisation chimique et les projectiles hypersoniques. Pour ce qui est du problème important de la réduction de la vulnérabilité du matériel et du personnel à toutes les variétés de mines terrestres, il faudra réussir à réduire la signature magnétique, à dévier le souffle des explosions, à réduire l'accélération des projectiles, à absorber les chocs, et il faudra créer d'autres technologies d'atténuation. Pour établir la vulnérabilité du personnel il faudra établir des critères de dommages par blessures, et des appareils permettant d'effectuer des tests anthropomorphiques, et il faudra normaliser les niveaux de protection.

Les trois résultats les plus importants

- Pouvoir vulnérant adapté à la mission : gamme étendue d'effets potentiels des armes
- Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces
- Protection du combattant

Liens

- Armes de précision
- Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires
- Performance des plates-formes et gestion du cycle de vie (GCV)
- Systèmes intelligents autonomes
- SMART
- Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique
- Médecine opérationnelle.

TABLEAUX

Tableau 1 : Thèmes de chaque activité

Le tableau suivant dresse la liste des thèmes de chacune des 21 activités de R et D de la Stratégie d'investissement technologique. Chaque thème est détaillé dans la section respective du document.

Systèmes intelligents autonomes	• Méthodes de perception de l'environnement par les SIA • Systèmes intelligents de planification et de contrôle permettant aux SIA d'interagir avec l'environnement • Fusion des SIA dans l'ensemble du système de commandement et contrôle (SICC)
Évaluation et détection de la menace chimique, biologique, radiologique	• Évaluation de la menace et gestion des conséquences • Détection, identification et diagnostics • Protection individuelle et protection des systèmes
Systèmes d'information de commandement et de contrôle	• Techniques assurant l'interopérabilité des SICC • Technologies des systèmes intelligents poule traitement de l'information répartie • Application des mesures de mérite à l'exploitation optimale des systèmes d'information • Exploitation de la technologie orientée objets pour optimiser le développement des logiciels
Communications	• Largeur de bande militaire sur demande • Assurance de la haute qualité de service des systèmes de communication militaires • Gestion intelligente des ressources des réseaux pour le champ de bataille intégré • Outils pratiques de communication pour les systèmes répartis
Guerre électro-optique	• Détection, identification, localisation et poursuite multibande de la menace • Contre-mesures EO/IR directionnelles • Systèmes d'autodéfense « prêts-à-l'emploi », à configuration adaptable à la mission
Matériaux nouveaux et technologie moléculaire	• Matériaux fonctionnels pour transducteurs, actionneurs et structures intelligentes • Remplacement des matériaux conventionnels par des polymères sur mesure • Synthèse de matériaux militaires par des techniques de fabrication moléculaire, ou par la technologie biomoléculaire

Facteurs humains et aide à la décision	• Modèles de charge de travail de l'opérateur, de performances humaines et d'allocation des fonctions • Théories et modèles d'interactions humain-ordinateur et de systèmes d'équipage • Outils de conception en Facteurs humains • Systèmes de présentation de l'information multidimensionnelle relatifs à l'aide à la prise de décision • Aide à la décision pour les critères et objectifs multiples • Exploitation de la technologie commerciale en vue de rendre efficace l'interaction opérateur-machine
Gestion de l'information et des connaissances	• Apprentissage machine • Modélisation des connaissances • Fusion des données et de l'information de niveaux supérieurs • Entrepôts de données multidimensionnelles spatiales et temporelles • Dynamique organisationnelle
Technologies de survie dans de multiples environnements	• Technologies de survie • Risques pour la santé au travail • Protection « intelligente » automatisée • Menaces environnementales, contre-mesures et amélioration des performances
Guerre des réseaux d'information	• Détection et analyse des attaques logicielles menées contre les réseaux d'information • Protection des réseaux et garantie e l'information • Exploitation des réseaux d'information
Médecine opérationnelle	• Gestion des pertes et diagnostics • Toxicologie et pharmacologie • Prévention et traitement des maladies
Performance des plates-formes et GCV	• Extension de la dynamique des fluides computationnelle fiable aux configurations d'engins complexes et aux écoulements extrêmes • Analyse structurale appliquée à la gestion du cycle de vie et à l'insertion de la technologie des matériaux de pointe • Amélioration de la performance des propulseurs aériens et des cycles de vie • Matériaux et gestion des matériaux pour plates-formes, gestion de la sécurité et du cycle de vie des systèmes • Modélisation des limites opérationnelles et de la sécurité pour les plates-formes militaires et les systèmes embarqués

Armes de précision	• Systèmes de propulsion et propulseurs à hautes performances • Conduite du tir et de la trajectoire automatisé • Précision de la frappe • Évaluation par la simulation de la précision et de l'efficacité des armes
Performances psychologiques	• Amélioration du leadership • Résolution des problèmes, raisonnement borné et raisonnement en cas d'incertitude • Stress dû au commandement et adaptation à ce stress • Performances des équipes multiculturelles
Guerre électronique RF	• Prévision des nouvelles menaces de GE et réponses à ces menaces • Détection multidimensionnelle de haute fidélité et réponse d'une précision mathématique aux menaces • Interrogation, évaluation et réponse en situation de GE
Détection (aérienne et terrestre)	• Exploitation des connaissances du milieu à des fins de discrimination et de reconnaissance des objectifs • Détection, dans tout le spectre électromagnétique, des objectifs camouflés et de petite taille • Systèmes autonomes de surveillance à distance • Systèmes de surveillance tous temps des objectifs « indétectables » • Exploitation de la disparité et de la diversité des capteurs • Réduction des réseaux plan focal • Exploitation et intégration des capteurs à des fins de détection des mines terrestres
Détection (sous-marine)	• Capteurs répartis et dragues à influence abordables • Détection in-situ des propriétés de l'océan et du fond de l'océan • Connaissance en temps voulu de la situation tactique de la guerre sous-marine
Gestion des signatures	• Prédiction et réduction des signatures sous-marines • Prédiction et réduction des signatures terrestres et aériennes • Gestion intégrée des signatures • Signatures réduites pour la neutralisation des explosifs et munitions • Systèmes de leurrage

Simulation et modélisation de l'acquisition, de la répétition et de l'instruction (SMART)	• Simulations en direct, virtuelles et matérielles • Mise au point et élaboration, validation, vérification et accréditation de modèles et d'ensembles de données physiques • Mise au point et élaboration, validation, vérification et accréditation de modèles du comportement humain • Simulation et modélisation réparties • Architectures de modélisation et de simulation
Systèmes spatiaux	• Modélisation et simulation haute fidélité pour l'évaluation de la performance, l'analyse des concepts et la mise au point des systèmes spatiaux • Surveillance, alerte lointaine et défense basées dans l'espace • Électronique de pointe pour la surviabilité en milieu spatial hostile • Détection, poursuite et identification des objets dans l'espace
Effets d'armes	• Nouveaux matériaux énergétiques • Évaluation des têtes perforantes à vitesse hypersonique • Efficacité des systèmes d'armes • Armes à haute fréquence et à impulsion électromagnétique non nucléaire • Gestion du cycle de la vie • Déminage : ouvertures de brèches, destruction, neutralisation, protection

Tableau 2 : Résultats vs activités

Résultats / ***Activités de R et D***	Systèmes intell. autonomes	Eval. déf'n de la menace chim., biol., radiologique	Systèmes d'information de commandement et de contrôle	Communications	Guerre électro-optique	Matériaux nouveaux et tech. biomoléculaires	Ergonomie et aide à la prise de décisions	Gestion de l'information et des connaissances	Technologies de survie dans de multiples environnements	Guerre des réseaux d'info	Médecine opérationnelle	Rendement des plates-formes et gestion du cycle de vie (GCV)	Armes de précision	Performances psychologique	Guerre électronique RF	Détection (aérienne et en surface)	Détection (sous-marine)	Gestion des signatures	SMART	Systèmes spatiaux	Effets des armes	**Fréquence**
Évaluation précise et en temps opportun de la menace asymétrique et des contre-mesures efficaces		●	●		●			●			●	●			●	●	●					●	**10**
Systèmes de captage, à déploiement secret, à couverture étendue et résolution adaptable	●																●	●	●		●		**5**
Identification, poursuite et engagement automatiques, rapides et fiables des cibles furtives													●				●	●			●		**4**
Gestion de l'information et des connaissances en vue de faciliter la prise de décisions dans un environnement complexe		●	●	●	●		●	●		●				●	●					●	●		**11**
Systèmes secrets robustes et surviables dans l'environnement de combat de 2020.	●			●		●						●						●	●				**6**
Protection du combattant		●			●	●			●	●	●				●							●	**8**
Pouvoir vulnérant adapté à la mission : gamme étendue d'effets potentiels des armes													●									●	**2**
Systèmes adaptables à l'opérateur.								●	●					●					●	●			**5**
Mise au point et insertion rapides de la technologie.	●		●	●		●	●		●		●	●	●										**9**
Simulateurs reconfigurables pour l'instruction des individus et des équipes, la répétition des missions et l'acquisition.							●					●							●				**3**

Tableau 3 : Opportunités technologique

Possibilités technologique	***Activités de R et D***	Systèmes intell. autonomes	Éval. dét'n de la menace chim., biol., radiologique	Systèmes d'information de commandement et de contrôle	Communications	Guerre électro-optique	Matériaux nouveaux et tech. biomoléculaires	Ergonomie et aide à la prise de décisions	Gestion de l'information et des connaissances	Technologies de survie dans de multiples environnements	Guerre des réseaux d'info	Médecine opérationnelle	Rendement des plates-formes et gestion du cycle de vie (GCV)	Armes de précision	Performances psychologique	Guerre électronique RF	Détection (aérienne et en surface)	Détection (sous-marine)	Gestion des signatures	SMART	Systèmes spatiaux	Effets des armes	**Fréquence des Possibilités Techniques**
Systèmes intell. autonomes		●					●								●		●				●		6
Intégration des systèmes humains		●	●	●		●		●		●	●				●		●	●	●		●		12
Gestion des connaissances			●	●	●	●		●	●		●				●	●		●	●		●		12
Intelligence artificielle		●	●		●	●	●	●		●	●			●	●	●	●	●		●	●		15
Performance et capacité humaines								●		●					●	●		●		●			6
Imagerie à haute résolution						●		●									●	●		●	●		6
Modélisation et simulation			●		●	●	●	●	●	●	●		●	●	●			●	●	●		●	16
Génie logiciel				●		●		●			●		●		●	●		●		●	●		10
Communications et réseaux à large bande				●	●			●								●		●		●			6
Capteurs enfouis		●			●	●						●		●		●		●		●	●		9
Nanotechnologie / Miniaturisation			●			●						●				●		●			●		6
Matériaux intelligents		●	●				●			●		●	●	●				●	●		●	●	11
Matériaux structuraux							●						●								●		3
Nouveaux matériaux énergétiques							●							●								●	3
Génie biomoléculaire			●								●	●							●			●	5
Calcul massif		●	●			●	●	●	●			●		●		●	●	●	●		●	●	14
Technologie des lasers						●							●							●	●		4
Sources d'énergie															●		●				●		3
Matér. & compos. microelectronique				●				●					●		●	●	●				●		7
Fréquence des Activités		6	8	5	5	10	6	11	3	5	6	6	5	6	5	13	4	15	6	9	13	7	

Tableau 4 : Liens

Systèmes intelligents autonomes		●	●	●		●	●		●			●	●	●	●	●	●		●		●
Éval., et dét'n de la menace chim., biol., radiologique	●					●	●	●	●		●					●			●	●	●
Systèmes d'information de commandement et de contrôle	●			●	●		●	●		●				●	●	●	●		●	●	
Communications	●		●		●		●	●		●			●		●	●	●		●	●	
Guerre électro-optique			●	●		●	●	●		●			●		●	●		●	●	●	●
Matériaux nouveaux et technologies biomoléculaires	●	●			●		●		●		●	●	●			●	●	●		●	●
Ergonomie et aide à la prise de décisions	●	●	●	●	●	●		●	●	●				●		●	●		●		
Gestion de l'information et des connaissances		●	●	●	●		●			●				●	●	●	●	●	●	●	
Technologies de survie dans de multiples environnements	●	●				●	●				●	●		●							
Guerre des réseaux d'information			●	●	●		●	●						●	●			●	●		●
Médecine opérationnelle		●				●			●					●					●		●
Rendement des plates-formes et gestion du cycle de vie (GCV)	●					●			●									●	●		●
Armes de précision	●			●	●	●									●	●	●	●	●	●	●
Performances psychologique	●		●				●	●	●	●	●						●		●		
Guerre électronique RF	●		●	●	●			●		●			●			●		●	●	●	●
Détection (aérienne et en surface)	●	●	●	●	●	●	●	●		●			●		●		●	●	●	●	
Détection (sous-marine)	●		●	●		●	●	●		●			●	●		●		●	●	●	●
Gestion des signatures					●	●		●		●		●	●		●	●	●		●	●	
SMART	●	●	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●			●
Systèmes spatiaux		●	●	●	●	●		●					●		●	●	●	●			
Effets des armes	●	●			●	●				●	●	●	●		●		●		●		
Fréquence des Liens	**14**	**10**	**12**	**12**	**13**	**13**	**13**	**13**	**7**	**10**	**6**	**6**	**11**	**9**	**12**	**14**	**13**	**11**	**17**	**11**	**11**

Tableau 5 : Liste des acronymes

A	
ASC	Agence spatiale canadienne
C	
C2	Commandement et contrôle
C3I	Commandement, contrôle, communications et information
CAO	Conception assistée par ordinateur
CB	Chimique, biologique
CBR	Chimique, biologique, radiologique
cbtZB	Combat dans les zones bâties
CCME	Contre-contre-mesures électroniques
CME	Contre-mesures électroniques
CMEO	Contre-mesures électro-optiques
CMR	Collège militaire royal du Canada
CNRC	Conseil national de recherches du Canada
D	
DCBR	Défense, chimique, biologique et radiologique
E	
ELINT	Renseignement électronique
EM	Électromagnétique
EO	Électro-optique
EO/IR	Électro-optique / Infrarouge
F	
FC	Forces canadiennes
G	
GASM	Guerre anti-sous-marine
GB	Guerre bactériologique
GCV	Gestion du cycle de vie
GCVM	Gestion du cycle de vie du matériel
GE	Guerre électronique
I	
IA	Intelligence artificielle
IED	Dispositifs explosifs de circonstance
J	
JSP	Joint Space Project
L	
LCM	Lutte contre les mines
M	
M&S	Modélisation et simulation
MAA	Missiles air-air
MDN	Ministère de la Défense nationale
MPE	Mesures de protection électronique
MSE	Mesures de soutien électronique
MSEO	Mesures de soutien électro-optique
N	
NBC	Nucléaire, biologique et chimique
NORAD	North American Aerospace Defence Command
NTCS	Naval Tactical Countermeasures Simulator
O	
OTAN	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
R	
R et D	Recherche et développement
RAM	Révolution dans les affaires militaires
RDDC	R et D pour la Défense Canada
RF	Radiofréquence
RID	Réseau d'information de la défense
S	
SER	Section équivalente radar
SHIPIR	Ship InfraRed
SIA	Systèmes intelligents autonomes
SICC	Systèmes d'information du commande ment et contrôle
SIGINT	Renseignement sur les transmissions
SMART	Simulation et modélisation pour l'acquisition, la répétition des missions et l'instruction
SSN	Sous-marin à propulsion nucléaire
U	
UV	Ultraviolet